

**EFICIENCIA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DEL ENGORDE A CORRAL CON EL USO
DE COMEDEROS AUTOCONSUMO**

José Rodolfo Toffaletti

Trabajo de Tesis para ser presentado como requisito parcial para optar al Título de

MAGISTER SCIENTIAE en PRODUCCIÓN ANIMAL

Área de Posgrado en Producción y Sanidad Animal

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS AGRARIAS

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA**

Balcarce, ARGENTINA

JUNIO de 2017

**EFICIENCIA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DEL ENGORDE A CORRAL CON EL USO
DE COMEDEROS AUTOCONSUMO**

José Rodolfo Toffaletti

Comité asesor:

.....

Julio C. Burges, Med. Vet., M. Sci.,

Director de Tesis

.....

Mario S. Aello, Ing. Agr.,

Miembro del Comité Asesor

.....

Francisco J. Santini, Ing. Agr., M. Sci., Ph.D.,

Miembro del Comité Asesor

**EFICIENCIA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DEL ENGORDE A CORRAL CON EL USO
DE COMEDEROS AUTOCONSUMO**

José Rodolfo Toffaletti

Aprobado por:

.....

Sebastián Maresca, Med. Vet., M. Sci.,

Evaluador externo

.....

Hugo Nigro, Med. Vet., M. Sci.,

Evaluador externo

.....

Carlos Iorio, Ing. Agr., D.E.A.

Evaluador externo

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente:

- *A los técnicos del INTA que estuvieron presentes el día de la entrevista por haberme dado la posibilidad de ser becario de la EEA INTA El Colorado, Formosa.*
- *A los técnicos del INTA que estuvieron presentes el día de la entrevista por haberme dado la posibilidad de realizar la maestría en la EEA INTA Balcarce.*
- *A Dante Pueyo, director de beca por las posibilidades que me brindó para estar en el INTA.*
- *A Julio Burges, director de tesis por todas las posibilidades que me brindó para realizar la maestría. Por su paciencia, enseñanza, respeto y confianza desde el principio de la maestría. Julio, gracias.*
- *A Mario Aello, un agradecimiento especial por haberme acompañado en las diferentes etapas de la tesis. Mario, gracias.*
- *A Francisco Santini, por rescatar durante toda la tesis, todos los aspectos positivos. Por sus aportes, Francisco, gracias.*
- *Al personal de la Reserva 6 y la Reserva 7, por su enseñanza, consejos y afecto. A todos, gracias.*
- *A Marita y Cristina por su paciencia, cariño y su calidad como personas.*
- *A mis queridos compañeros y amigos/as del posgrado de P. animal y vegetal.*
- *A todos los que estuvieron presentes en cada etapa de esta tesis: secretarías, personal de mantenimiento, del laboratorio de nutrición y pasturas, intendencia, profesionales. A todos, muchas gracias.*

ÍNDICE

ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
LISTADO DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Hipótesis.....	3
1.2. Objetivo general.....	3
1.3. Objetivos particulares.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Dieta.....	4
2.2. Fisiología de la digestión ruminal y acidosis	6
2.3. Digestión del almidón y su relación con el pH.....	8
2.3.1. Sitio de digestión del almidón.....	8
2.3.2. Relación pH-almidón en heces.....	9
2.3.3. Aprovechamiento de los granos de maíz.....	9
2.4. Acostumbramiento a los granos.....	10
2.5. Consumo, conversión alimenticia y comportamiento ingestivo.....	12
2.6. Grano de maíz y forma de suministro.....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Sitio y período experimental.....	16
3.2. Animales.....	16
3.3. Tratamientos	17
3.4. Alimentación.....	18
3.5. Calidad de los alimentos.....	20
3.6. Mediciones en los alimentos.....	20
3.6.1. Consumo.....	20
3.6.2. Peso Vivo.....	21
3.6.3. Espesor de grasa dorsal (mm)	21
3.6.4. Mediciones a la faena.....	21
3.6.5. Comportamiento ingestivo.....	22

3.7. Aprovechamiento de los granos de maíz.....	22
3.8. Lectura de heces.....	23
3.9. Eficiencia energética.....	25
3.10. Variables calculadas para estimar eficiencia productiva.....	26
3.11. Variables calculadas para estimar eficiencia económica.....	26
3.12 Diseño experimental y análisis estadístico.....	29
4. RESULTADOS.....	30
4.1. Caracterización de los alimentos y de la dieta.....	30
4.2. Consumo en el período de acostumbramiento.....	30
4.3. Evolución del peso vivo y rendimiento de res.....	33
4.4. Consumo y conversión de alimento.....	35
4.5. Espesor de grasa dorsal.....	34
4.6. Comportamiento ingestivo.....	37
4.7. Utilización del grano de maíz y digestibilidad del almidón.....	41
4.8. Eficiencia energética.....	44
4.9. Análisis económico.....	45
5. DISCUSIÓN.....	47
5.1. Caracterización de la dieta.....	47
5.2. Período de acostumbramiento.....	49
5.3. Eficiencia productiva.....	52
5.4. Comportamiento ingestivo.....	55
5.5. Utilización del grano de maíz.....	56
5.6. Eficiencia energética.....	59
5.7. Análisis económico.....	60
5.8. Implicancias de este estudio.....	61
6. CONCLUSIONES.....	62
7. BIBLIOGRAFÍA.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Esquema de alimentación en el período de acostumbramiento en el tratamiento SD.....	19
Cuadro 3.2. Esquema de alimentación en el período de acostumbramiento en el tratamiento AC.....	19
Cuadro 3.3. Escala de clasificación de heces en vacunos (tomado de Barra, 2005)...	24
Cuadro 3.4. Componentes del margen bruto de la terminación de novillos a corral según el tipo de suministro de alimento: suministro diario (SD) o comederos de autoconsumo (AC), valores a enero del año 2016.....	28
Cuadro 4.1. Composición química, digestibilidad y EM de los alimentos individuales y de la dieta conformada por 85% grano entero de maíz y 15% expeller de girasol.....	30
Cuadro 4.2. Peso vivo, tasa de aumento diario de peso vivo (ADPV) y rendimiento de res de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o autoconsumo (AC) de alimento en dos períodos de evaluación.....	34
Cuadro 4.3. Espesor de grasa dorsal de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o autoconsumo (AC) de alimento.....	35
Cuadro 4.4. Consumo y eficiencia de conversión alimenticia (ECA) de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o autoconsumo (AC) de alimento....	36
Cuadro 4.5. Tiempo dedicado al consumo y a la rumia en novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o autoconsumo (AC)	38
Cuadro 4.6. Comportamiento ingestivo de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o autoconsumo (AC) de alimento en acostumbramiento y engorde	39
Cuadro 4.7. Contenido de MS, peso de granos excretados y estado de los mismos en heces de novillos alimentados con suministro diario (SD) o en comederos de autoconsumo (AC) con una dieta de 85% grano de maíz entero y 15% expeller de girasol.....	42
Cuadro 4.8. pH, contenido de almidón y su correlación en heces en novillos alimentados en comederos de autoconsumo (AC) o con suministro diario (SD) con una dieta de 85% grano de maíz entero y 15% expeller de girasol.....	43
Cuadro 4.9. Digestibilidad del almidón con diferentes ecuaciones predictivas en novillos alimentados en comederos de autoconsumo (AC) o con suministro diario (SD) con una dieta de 85% grano de maíz entero y 15% expeller de girasol.....	43
Cuadro 4.10. Demanda energética, consumo de materia seca (CMS), eficiencia de conversión (ECA), eficiencia energética (EE) y demanda de EM/mm grasa dorsal en	

novillos alimentados en comederos de autoconsumo (AC) o con suministro diario (SD) con una dieta de 85% grano de maíz entero y 15% expeller de girasol.....	45
Cuadro 4.11. Ingreso bruto (IB), costo directo (CD), margen bruto (MB) e indicadores económicos de la terminación de novillos a corral con suministro diario (SD) o con comederos de autoconsumo (AC) para enero del año 2016.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Comedero tolva de autoconsumo y animales utilizados en el ensayo ...	18
Figura 3.2. Caracterización de las heces de un vacuno según la escala de Barra (2005)	24
Figura 4.1. Consumo de los componentes de la dieta de acostumbramiento en	

novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) de alimento.....	31
Figura 4.2. Consumo de los componentes de la dieta de acostumbramiento en novillos alimentados a corral con autoconsumo (AC) de alimento.....	32
Figura 4.3. Consumo de MS de heno en novillos alimentados a corral con autoconsumo (AC) de alimento durante el acostumbramiento (círculo con línea entera) y los primeros ocho días de engorde (círculo con línea punteada).....	33
Figura 4.4. Consumo de alimento expresado semanalmente (kg MS/día/corral) de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o autoconsumo (AC) de alimento	37
Figura 4.5. Distribución del consumo de alimento a lo largo del día de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o en comederos autoconsumo (AC)	40
Figura 4.6. Distribución de la rumia a lo largo del día de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o en comederos autoconsumo (AC).....	40
Figura 4.7. Comparación del peso de 100 granos suministrado y de 100 granos excretados aparentemente enteros de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o en comederos autoconsumo (AC). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).....	41
Figura 4.8. Clasificación de las heces según la escala de Barra (2005) en novillos alimentados en comederos de autoconsumo (AC) o con suministro diario (SD) con una dieta de 85% grano de maíz entero y 15% expeller de girasol.....	44
Figura 5.1. Consumo de ración con sal en autoconsumo de bovinos en pastoreo (●) o a corral (x). Resumen de trabajos nacionales e internacionales.....	51

LISTADO DE ABREVIATURAS

AC: comederos de autoconsumo

ADPV: aumento diario de peso vivo (kg)

ALM: almidón (%)

CD: costos directos parciales (\$/animal)

CE: costos efectivos (\$/animal)

CMS: consumo de MS (kg)

d: días

DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la MS (%).

ECA: eficiencia de conversión alimenticia (kg ADPV/tn alimento)

EE: extracto etéreo (%)

EGD: espesor de grasa dorsal (mm)

EM: energía metabolizable (Mcal)

ER: energía retenida en la ganancia (Mcal).

FDN: fibra detergente neutro (%).

h: horas

IB: ingreso bruto (\$/animal)

IN: Ingreso Neto (\$/animal)

kf: eficiencia de utilización de la EM para ganancia de peso

km: eficiencia de utilización de la EM para mantenimiento

MB: Margen Bruto parcial (\$/animal)

MS: Contenido de Materia Seca (%)

MO: materia orgánica (%)

PB: proteína bruta (%)

PV: peso vivo (kg)

PVC: peso del animal vacío (kg)

SD: suministro diario

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta productiva y económica del engorde a corral de novillos utilizando dos formas de suministro de una dieta a base de granos: el SD (suministro diario) y el AC (comederos de autoconsumo). Para ello se realizó un ensayo con 24 novillos A. Angus de 309 ± 31 kg de peso vivo (PV) y 480 ± 30 días (d) de edad en la Reserva 6 de INTA EEA Balcarce, entre el 12/01/2015 y el 06/04/2015 (16 días de acostumbramiento y 68 días de engorde). Los animales se agruparon en 6 bloques según el rodeo del que provenían y se asignaron al azar a los dos tratamientos. Se utilizaron 12 corrales y los tratamientos fueron: SD de alimento dos veces por día, tratando que el remanente no supere el 5% del consumo total; y AC *ad libitum*. La dieta estaba compuesta por 85 % de grano de maíz entero y 15% de pellet de girasol, y tuvo la siguiente calidad nutricional: MS: 91,2%; digestibilidad MS: 79,4%; proteína bruta: 12,4%; almidón: 61,6%; pared celular: 10,7%; concentración energética: 2,9 Mcal EM/kg MS. Se utilizó en AC sal y heno durante el acostumbramiento, y en SD sólo heno. Se midió el aumento diario de peso vivo (ADPV), consumo, eficiencia de conversión alimenticia (ECA), espesor de grasa dorsal (EGD), rendimiento de res, digestibilidad del almidón utilizando ecuaciones predictivas, estado de los granos excretados, comportamiento ingestivo y resultado económico. Adicionalmente se estimó la eficiencia energética utilizando el sistema NRC. Las variables de producción física y las económicas se evaluaron en dos períodos: en los primeros 42 días de engorde y en los 26 días restantes. No hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$) en la tasa de ADPV ($1,05 \pm 0,18$ y $1,04 \pm 0,23$), en el peso final ($388,99 \pm 42,39$ y $388,16 \pm 42,90$), ECA ($145,65 \pm 18,3$ y $131,29 \pm 20,8$), ni en el EGD ($8,66 \pm 2,03$ y $9,69 \pm 1,23$). En AC se observó mayor ($p < 0,05$) consumo de MS ($7,91 \pm 1,02$ kg MS/d) y mayor ($p < 0,05$) rendimiento de res ($57,70 \pm 1,97\%$) con respecto a SD ($7,21 \pm 0,82$ kg MS/d y $56,07 \pm 1,79\%$, respectivamente). No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) de consumo entre los primeros días (0-42) y el resto (43-68) del engorde, pero se observó mayor ADPV ($1,135 \pm 0,300$ vs $0,815 \pm 0,340$ kg/d, $p < 0,05$) y ECA (138 ± 26 vs 109 ± 51 kg PV/tn MS) en los primeros días. La tasa de engrasamiento no se vio influenciada por los tratamientos ($1,56 \pm 0,50$ en SD y $1,79 \pm 0,71$ en AC, $p > 0,05$), pero fue 2,5 veces más alta en los primeros días ($2,13 \pm 0,92$ mm/mes) en comparación con los restantes 26 días ($0,83 \pm$

1,46 mm/mes). No hubo diferencia entre tratamiento ($p>0,05$) en ninguna de las variables relacionadas al gasto energético, calculándose que cada kg de peso vivo producido tuvo un costo de 18,65 Mcal EM. Se evaluó el comportamiento ingestivo durante el acostumbramiento y en la fase de engorde. El tiempo dedicado al consumo fue mayor ($p<0,05$) en el acostumbramiento en SD y en el engorde en AC. En cambio, no hubo diferencias en el tiempo de rumia. La forma de suministro no afectó la utilización del grano entero de maíz, ya que se observó similar digestión del almidón (87,9 y 86,3 en SD y AC, respectivamente), peso de los granos excretados (18,8 y 20,7 g/100 g MS en SD y AC, respectivamente) y porcentaje de granos excretados aparentemente enteros (41,75% enteros y 58,25% partidos). En AC el costo de mano de obra y combustible para suministrar el alimento (45,40 \$/animal) fue menor que en SD (134,84 \$/animal), pero fue mayor el gasto en alimento (1276 ± 165 vs 1165 ± 133 \$/animal para AC y SD, respectivamente, $p<0,05$) y, en consecuencia no hubo diferencia significativa en el margen bruto (29 ± 286 vs 45 ± 240 \$/animal, para AC y SD, respectivamente, $p>0,05$). Se concluye que el suministro con comederos autoconsumo o en forma diaria tuvieron similar repuesta productiva y económica en novillos alimentados a corral con dietas basadas en granos. Debido a su simplicidad, el autoconsumo es una herramienta recomendable para implementar en establecimientos comerciales con limitantes de mano de obra.

Palabras clave: autoconsumo, utilización granos, comportamiento ingestivo, margen bruto.

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the productive and economic response of fattening of beef steers penned using two supply forms of a grains based diet: DS (daily supply) and SLF (self limiting feeders). For this purpose, a trial was conducted with 24 A. Angus steers of 309 ± 31 kg live weight and 480 ± 30 days of age in the Reserva 6 of INTA EEA Balcarce (Argentina), between 01/12/2015 and 04/06/2015 (16 days of transition and 68 days of fattening diet). The animals were grouped in 6 blocks according to previous management and were randomized to two treatments. Twelve pens were used and the treatments were: DS fed twice a day, trying the refused does not exceed 5 % of total intake; and SLF *ad-libitum*. The diet consisted of 85 % whole corn grain and 15 % sunflower pellet, and had the following characteristics: dry matter (DM): 91.2 %; digestibility DM: 79.4 %; crude protein: 12.4 %; starch: 61.6 %; neutral detergent fiber: 10.7 %; metabolizable energy concentration: 2.9 Mcal ME/kg DM. The average daily gain (ADG), intake, feed efficiency (FE), FT (fat thickness at 12th rib), carcass yield (CY), starch digestibility using predictive equations, excreted grain status, intake behavior were measured, and economic result was calculated. Energy efficiency was estimated using the NRC system. The variables of physical and economic production were divided in two periods: the first 42 days of fattening and the remaining 26 days. There were no significant differences between treatments ($p > 0.05$) in the ADG (1.05 ± 0.18 and 1.04 ± 0.23), the final weight (388.99 ± 42.39 and 388.16 ± 42.90), FE (145.65 ± 18.3 and 131.29 ± 20.8) and FT (8.66 ± 2.03 and 9.69 ± 1.23). In SLF, higher ($p < 0.05$) DM intake (7.91 ± 1.02 kg DM/d) and CY were observed ($57.70 \pm 1.97\%$) respect to DS (7.21 ± 0.82 kg DM/d and $56.07 \pm 1.79\%$, respectively). There were no significant differences ($p > 0.05$) in intake between the first days (0-42) and the remainder (43-68) of the fattening, but showed higher ($p < 0.05$) ADG (1.135 ± 0.300 vs 0.820 ± 0.340 kg/d) and FE (138 ± 26 vs 109 ± 51 kg LW/tn DM). The rate of fattening was not influenced by treatments, but was 2.5 times higher in the first 42 days (2.13 ± 0.92 mm/month) compared to the remaining 26 days (0.83 ± 1.46 mm/month). There were no differences ($p > 0.05$) in any of the variables related to energy expenditure per kg of live weight produced, had a cost of 18.65 Mcal ME. The behavioral patterns during the transition and in the fattening phase were evaluated. During the transition, the time spent eating was greater ($p < 0.05$) in DS and during

fattening in SLF. In contrast, there was no difference in ruminating time. The type of supply did not affect the utilization of the corn grain ($p>0.05$), since the treatments has similar digestion of the starch (87.9 and 86.3 in DS and SLF, respectively), weight of excreted grains (18.8 and 20.7 g/100 g DM in DS and SLF, respectively) and percentage of apparently whole grains were observed in the feces (41.75 % whole and 58.25 % broken grains). The cost of labor and fuel to supply the feed in SLF (\$ 45.40/steer) was lower than in DS (\$ 134.84/steer), but feed expenditure was higher (1276 ± 165 vs. 1165 ± 133 \$/steer for SLF and DS, respectively) and, consequently, the gross margin of SLF (29 ± 286 \$/steer) and DS (45 ± 240 \$/animal) were not significantly different. It is concluded that self limiting feeders had not negative effects on the productive and economic response of fattening to beef steers penned using a grain based diet, and due to its simplicity, self limiting feeders is a advisable tool to implement in commercial establishments with labor limitations.

Key words: self limiting feeders, utilization of grains, behavioral patterns, gross margin.

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina de base pastoril está expuesta a la variación estacional e interanual de la oferta forrajera (Burges y Romera, 2007). Para sobrellevar esta variabilidad que afecta la productividad física y económica de los sistemas ganaderos de la región pampeana, es necesario incorporar o modificar estrategias que incorporen flexibilidad al manejo (Romera *et al.*, 2005), a partir de esta experiencia se diseñó un sistema de manejo de cría vacuna conocido con el acrónimo SIMPLE: Sistema de Manejo Pastoril Ligado al Estado de las Pasturas (Burges *et al.*, 2014). El mismo se basa en el uso de reglas de decisión que de manera sencilla permitan incorporar flexibilidad en el manejo del área de pastoreo y de la carga animal, previendo la confección de heno con los excedentes de las pasturas, que actúa como un elemento estabilizador de la oferta de forraje (Continanza, 2010). Para otorgar mayor flexibilidad a este modelo de producción ganadera, se ha propuesto modificar la composición del rodeo incorporando la categoría “terneros de recría”, con un esquema de alimentación a corral basado en el uso de heno de agropiro más suplementación energético-proteica durante otoño e invierno, hasta el inicio de una etapa pastoril en primavera (Menchón *et al.*, 2015). A nivel sistémico, un objetivo específico de la alimentación otoño-invernal a corral es el de aumentar la capacidad de carga animal invernal y así mejorar la utilización de las pasturas durante la primavera.

Si bien en ganadería las tecnologías de alto impacto están ligadas a bienes no comerciales, tales como el conocimiento aplicado y el gerenciamiento (Canosa, 2003), un estudio de la problemática estacional de los sistemas pastoriles mostró la relevancia e impacto del uso de granos en la productividad de las empresas ganaderas (Beretta y Simeone, 2013). En función de ello puede plantearse que una estrategia adicional que incrementaría la flexibilidad del sistema de cría sería aplicar, luego de la etapa de recría pastoril de primavera, un período de engorde de los novillos con una dieta de terminación a base de granos. La terminación de novillos a corral es una práctica que se realiza desde hace varios años en nuestro país, con tendencia a ir en aumento. La misma se lleva a cabo con diversos objetivos como convertir grano en carne dando valor agregado al maíz, liberar de hacienda los potreros, cubrir baches de oferta y calidad forrajera, incrementar la carga animal del establecimiento, intensificar el ritmo de engorde, asegurar la terminación

y salida regular a faena de los animales, mejorar los rindes, manejar flujos financieros mayores y diversificar la producción (Bassi, 2015).

En el engorde a corral el alimento se suministra generalmente en forma diaria, lo cual significa una demanda de mano de obra elevada cuando no se dispone de las maquinarias típicas de los grandes feedlots; este es el caso de la mayoría de las explotaciones ganaderas del sudeste bonaerense. Una alternativa de suministro del alimento es el comedero de autoconsumo, el cual es una herramienta que actualmente está incorporándose en las empresas agropecuarias (Maresca *et al.*, 2015). Tiene como principal ventaja el ahorro en mano de obra ya que permite suministrar alimento por lo menos semanalmente, lo cual es una simplificación en el manejo de la alimentación. Sin embargo, tiene la desventaja que presupone el menor control del consumo, debido a que es dificultoso restringir la cantidad de alimento que los animales ingieren diariamente. Eventualmente, la falta de regulación del alimento ingerido puede originar trastornos digestivos en los animales, o la ineficiente utilización del mismo, lo cual puede afectar la eficiencia en producción de carne y el resultado económico durante la etapa de terminación de los novillos (Pordomingo *et al.*, 2002). Es sabido que a través del suministro diario es posible acostumar los animales al alimento, manejar el crecimiento, el consumo y la eficiencia de conversión alimenticia.

Las razones por las cuales el consumo controlado mejora la conversión alimenticia no han sido aún del todo esclarecidas (Knoblich *et al.*, 1997). Algunos investigadores postulan que puede deberse a una reducción del costo de mantenimiento, ya sea por disminución del tamaño del hígado, que es un órgano de alta intensidad metabólica (Sainz y Bentley, 1997) o por cambios hormonales (Murphy *et al.*, 1994a). Otros trabajos atribuyen el efecto al incremento en la digestibilidad de la dieta debido a la reducción de la tasa de pasaje (Murphy y Loerch, 1994), a la menor demanda energética para la retención de tejidos, consecuencia de una mayor proporción en la ganancia de peso de tejido magro que tiene menor costo energético que la deposición de grasa (Di Marco, 1998) o a la reducción de las fluctuaciones del día a día en el consumo de alimento por los novillos individualmente (Hicks *et al.*, 1990) que conlleva a la disminución del riesgo de acidosis.

A pesar de las limitaciones que en estos aspectos presupone el uso de los comederos de autoconsumo su incorporación en empresas ganaderas de la región es

creciente, detectándose a nivel local la falta de investigación que compare la performance de los animales, la eficiencia de conversión y el resultado económico en relación al suministro convencional de alimento. En función de estos antecedentes se realizó un ensayo en el que se alimentaron novillos en terminación con una dieta constituida básicamente por grano de maíz y una fuente proteica, sin fibra efectiva, utilizando dos formas de suministrar el alimento: diariamente en comederos convencionales o en comederos de autoconsumo. En el mismo se plantearon las hipótesis y se definieron los objetivos que se detallan a continuación:

1.1. Hipótesis

1. La eficiencia de conversión de los novillos es mayor en suministro diario.
2. El tiempo de consumo es mayor en autoconsumo.
3. La eficiencia económica en autoconsumo es mayor respecto a suministro diario.

1.2. Objetivo general

Evaluar la eficiencia productiva y económica de novillos en terminación con una dieta rica en granos suministrada diariamente o en comederos de autoconsumo.

1.3. Objetivos particulares

1. Evaluar el consumo, la ganancia de peso, la eficiencia productiva, energética y económica según la duración de la etapa de engorde.
2. Estudiar el comportamiento ingestivo de los animales con ambas formas de suministro del alimento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La alimentación de bovinos a corral en Argentina se caracteriza por ser de estructuras básicas y de baja inversión, de escala pequeña (pocos animales) y de características estacionales (preferentemente de invierno y primavera). A continuación se describen los principales aspectos a tener en cuenta.

2.1. Dieta

La composición del alimento es el componente central que define el costo del engorde. Las dietas pueden variar en su nivel de complejidad. Por ejemplo, en la región pampeana predominan las mezclas simples en base a grano de maíz entero y un concentrado proteico, con un núcleo vitamínico y mineral que provee los macro y micro minerales (Pordomingo, 2013).

El grano es el componente mayoritario en las dietas de feedlot clásico, comúnmente excede el 65% del total de la ración y define la oferta de energía metabolizable y las características físicas del alimento. El tipo de grano (McCollough y Brent, 1972) y el procesado (Rooney y Pflugfelder, 1986; Stock *et al.*, 1987a,b) determinan el grado de aprovechamiento de los mismos. El procesado de los granos mejora la digestibilidad de la materia seca (MS) y del almidón e incrementa la tasa de pasaje a lo largo del tracto digestivo (McNeill *et al.*, 1976; Galyean *et al.*, 1979a; Theurer, 1986; Huck *et al.*, 1998). Sin embargo, por su tamaño y densidad, el grano de maíz podría ser utilizado entero sin pérdidas de digestibilidad potencial en dietas para animales en confinamiento de alta concentración energética (Hibberd *et al.*, 1982; Britton *et al.*, 1986; Reinhardt *et al.*, 1998; Loerch y Fluharty, 1998; Hejazi *et al.*, 1999). El grano entero promueve una mayor salivación, efecto similar a la fibra efectiva, y mayor pH ruminal, generando una reducción de los casos de acidosis subclínica y posibilitando un mayor consumo (Britton y Stock, 1986; Stock *et al.*, 1995). La degradabilidad ruminal del grano entero depende de varios factores, entre ellos el grado de masticación (Beauchemin *et al.*, 1994). Peralta y Santini (2004) han observado menor incidencia de acidosis, timpanismo gaseoso y abscesos hepáticos en animales engordados a corral cuando el grano fue suministrado entero, en una proporción total de la dieta del 86%. Esto indicaría

que el riesgo de producir trastornos digestivos severos cuando se utilizan granos enteros en alta proporción de la dieta puede no ser elevado si los animales han tenido un adecuado acostumbramiento previo.

Otro componente dietario a considerar es la fibra. Su presencia en las dietas de alto contenido de almidón ejerce un efecto físico o mecánico más que nutritivo (Swingle, 1995). En general la fibra es pobremente degradada en el rumen en dietas ricas en grano debido a que el pH es demasiado ácido (5,0 a 5,5) para un adecuado desarrollo de las bacterias celulolíticas (Zinn y Owens, 1983). El principal objeto de la fibra en estas dietas es el de reducir la tasa de consumo y promover la rumia, la salivación y la consecuente producción de buffer ruminal para disminuir el riesgo de acidosis (Kreikemeier *et al.*, 1990). Para ello, se sugiere con dietas ricas en granos el suministro de alimentos que aporten un mínimo de 10% de fibra detergente ácido (FDA), y que al menos la mitad de ese aporte sea de la denominada “fibra efectiva” o fibra larga. Como el efecto deseado de la “fibra efectiva” no radica en el aporte energético sino en el efecto mecánico, suelen utilizarse recursos de bajo costo como henos u otros alimentos de baja calidad nutricional (Pordomingo, 2013). Aunque la cantidad de fibra necesaria es baja, su provisión es una limitante operativa y económica, ya que la mayoría de los feedlots de baja escala no disponen de equipamiento para molienda de henos. Por ejemplo, el heno que debe ser cosechado y luego procesado para su mezclado en la dieta, se convierte en uno de los insumos más costosos por unidad de energía digestible.

Por lo tanto, sostener una fermentación ruminal adecuada con independencia del suministro de fuentes de fibra larga, permite simplificar la alimentación a corral y hacer accesible esta práctica a numerosos planteos de engorde, sin que por ello se perjudique la eficiencia de utilización de los granos. Cole *et al.* (1976) observaron durante el engorde de novillos una mayor digestibilidad del almidón en dietas basadas en grano de maíz procesado sin fibra que con inclusión de la misma. Murphy *et al.* (1994a) no encontraron diferencias en la digestión de almidón en una dieta basada en maíz entero y sin fibra, comparada con una equivalente con maíz aplastado, cuando la oferta de alimento no fue restringida. Aunque con estas dietas los riesgos de acidosis son mayores, existen evidencias experimentales que muestran que es posible la alimentación a corral con dietas basadas solamente en grano de maíz entero y una fuente proteica (Pordomingo *et al.*, 2002; Elizalde *et al.*, 2002).

Las fuentes proteicas más comunes en la región pampeana son las harinas o expellers de girasol y de soja. Pordomingo *et al.* (2002) comprobaron que la adición de proteína de baja degradabilidad ruminal, como la harina de pescado o de soja, no mejora el aumento de peso en comparación con las de mayor degradabilidad ruminal como la harina de girasol. Debido a que el costo de esta última es inferior y su disponibilidad es mayor con respecto a las anteriores, las harinas o expellers de girasol son los recursos proteicos más elegidos en los feedlots. La participación de las fuentes de girasol en las dietas de engorde se ubica generalmente en el rango del 15 al 30% dependiendo de la categoría animal y el objetivo productivo.

Según Pordomingo (2013), para garantizar una adecuada conversión de alimento a carne en el engorde a corral no debe subestimarse la importancia del suplemento mineral y vitamínico para evitar carencias y deterioro de la conversión. Dada las dificultades de mezclar cantidades pequeñas, se sugiere utilizar premezclas.

Los minerales en animales jóvenes en crecimiento, en particular el calcio, fósforo y magnesio, son sumamente necesarios pero, los animales próximos a la terminación, como tienen en términos relativos menos requerimientos de minerales y vitaminas que los jóvenes, podría evitarse su uso si la fase de terminación es corta. En el caso del fósforo, su aporte a través del grano puede ser suficiente (Erickson *et al.*, 1999; NRC, 2000). Erickson *et al.* (2002) no encontraron que el incremento de fósforo en la dieta de animales alimentados a corral mejore el aumento de peso, la eficiencia de conversión y las características de la carne (espesor de grasa dorsal, área de ojo de bife y marmoreo). Por otro lado, el nivel de calcio y magnesio requiere ser incrementado por encontrarse siempre en cantidades deficitarias en las dietas de alto contenido de grano (Kincaid, 1988).

2.2. Fisiología de la digestión ruminal y acidosis

El rumen es, aún en el feedlot con dietas de alta energía (ricas en almidón), el sitio principal de utilización del grano, donde la fermentación ruminal es el proceso fundamental para generar la energía necesaria para el crecimiento y engorde (Owens *et al.*, 1997). Según el procesado, tipo de animal y composición de la dieta, del 60 al 90% de

la MS de los granos se digiere en ese sitio (Owens *et al.*, 1997, Huck *et al.*, 1998; Philippeau *et al.*, 1999; Cooper *et al.*, 2002). La fermentación ruminal produce los AGV acético, propiónico y butírico. También se generan otros ácidos de metabolismo intermedio, entre los que debe citarse el ácido láctico (Church, 1993). Este es el más fuerte y de remoción más lenta del medio ruminal, por lo que su acumulación incrementa rápidamente la acidez, tornando la absorción de ácidos más lenta, y puede generar acidosis, parálisis o coma muscular, lo que se denomina “síndrome del empacho”. Ello ocurre cuando se pasa de una dieta baja en granos a una dieta alta en granos (Cheng *et al.*, 1998) sin la adaptación adecuada. Otro factor que influye es la época del año, ya que las estaciones más cálidas producen fluctuaciones en el consumo de alimento, lo cual está asociado con una mayor incidencia de timpanismo (Perry, 1995).

El pH ruminal se encuentra regulado por la capacidad buffer de la saliva y el reciclado de electrolitos por la pared ruminal. La producción de saliva está directamente relacionada con la rumia o re-masticación del alimento, lo cual está asociado a las fracciones fibrosas de la dieta (Church, 1993). Si el pH se mantiene bajo durante períodos prolongados, aumenta la absorción de AGV hacia la circulación periférica, la cual se torna lenta, comienzan a erosionarse los epitelios, lo que puede derivar en un cuadro de laminitis. Esta se caracteriza porque el animal camina con dificultad y con dolores, y se producen heridas en la piel y en las articulaciones. A nivel ruminal, hay menor motilidad con retención de gases provocando timpanismo, que es la hinchazón en el flanco izquierdo del animal, similar a la producida en el empaste, pero no espumosa. Hay degeneración de papilas y paraqueratosis; las heridas evolucionan en llagas, las cuales se constituyen en vías de ingreso de bacterias que deriva en infecciones hepáticas y abscesos. Los animales con esta sintomatología de acidosis subclínica retardan el crecimiento y el engorde, ya que hay una menor eficiencia ruminal y de la función hepática, causales de un consumo deprimido y una menor conversión (Owens *et al.*, 1998).

2.3. Digestión del almidón y su relación con el pH

2.3.1. Sitio de digestión del almidón

El nivel de alimentación puede influenciar el grado de daño físico que el grano sufre durante la masticación ingestiva. Según Beauchemin *et al.* (1994) y Luginbuhl *et al.* (1989), los animales que sufren una restricción en la alimentación incrementan la velocidad de consumo, aumentando el tamaño de partícula del alimento en el rumen post-ingestión. Un efecto similar se podría encontrar en animales consumiendo granos de cereal enteros. Según Reinhardt *et al.* (1998), una restricción del consumo de una dieta, compuesta por grano de maíz entero, generó un aumento del tamaño de partícula de los granos recuperados del rumen y una disminución en la digestibilidad ruminal del almidón, respecto de animales consumiendo a voluntad.

Una vez que el grano es dañado durante la masticación, el tamaño de partícula determina la digestión total del almidón y la proporción del mismo que se digiere en los distintos sitios del tracto digestivo de los rumiantes. Galyean *et al.* (1979b), utilizando dietas basadas en grano de maíz entero y procesado con diferentes tamaños de partícula, demostraron que la digestibilidad total del almidón no se modifica cuando se lo incluye en alta proporción. Sin embargo, la digestibilidad ruminal fue notablemente mayor con los granos procesados que con el grano entero, sucediendo lo contrario con la digestión intestinal.

La digestión ruminal del almidón del grano de maíz, expresada como una proporción de la digestión en el total del tracto digestivo, es de aproximadamente 78,5%. Este valor puede variar entre 65% para granos poco procesados y 85% para granos con procesados más extensos (Nocek y Taminga, 1991). Generalmente, a mayor procesado se incrementa la digestión ruminal del almidón con una reducción del flujo de almidón a intestino delgado (Owens *et al.*, 1986). Trabajos experimentales han determinado que el grano de maíz entero es prácticamente indigestible tanto en rumen como en el intestino (Beauchemin *et al.*, 1994 y Galyean *et al.*, 1979b).

El flujo de almidón a intestino delgado generalmente se incrementa cuando el grano se suministra entero. Sin embargo, si el tamaño de las partículas que alcanzan este sitio es grande son escasamente atacadas por las enzimas digestivas (Owens *et al.*, 1986). En

estos casos, si bien la digestibilidad del almidón en intestino delgado es baja, la cantidad total que llega a ese sitio es mayor. Esto ha llevado a la conclusión errónea de que la digestión del almidón en intestino delgado aumenta cuando se suministra grano de maíz entero. La menor digestibilidad intestinal con grano entero puede ser compensada por la mayor concentración de almidón que alcanza el intestino delgado con este tipo de dietas. Esto puede generar que la cantidad total de almidón digerida en este sitio no cambie marcadamente por el procesado del grano (Owens *et al.*, 1986).

2.3.2. Relación pH-almidón en heces

En ganado alimentado con alta proporción de concentrados, los valores de pH fecal son bajos y están fuertemente asociados a altas cantidades de almidón en heces, el cual puede estar relacionado a una inadecuada actividad de las enzimas amilolíticas en el intestino delgado (Wheeler y Noller, 1977). Esto es posible, si el pH intestinal se encuentra por debajo de los valores óptimos para la actividad de la amilasa pancreática u otras enzimas amilolíticas. Por otro lado, Galyean *et al.* (1979a), quienes también hallaron correlación negativa entre almidón y pH fecal, sugieren que bajos valores de pH en heces pueden ser generados por un incremento de actividad microbiana y de producción de lactato, como consecuencia del aumento de almidón en intestino grueso.

Resultados de otros trabajos no permiten confirmar los anteriores, ya que Russell *et al.* (1981), Lee *et al.* (1982) y Turgeon *et al.* (1983) sólo encontraron moderadas correlaciones negativas y Galyean *et al.* (1979b), variando el tamaño de partícula del grano de maíz, encontraron una correlación positiva entre estas variables.

2.3.3. Aprovechamiento del almidón de los granos

Gingins *et al.* (1983), trabajando con novillitos, demostraron que los granos de maíz enteros recuperados de las heces experimentan una pérdida en su peso original del 20%, indicando que existe cierto grado de aprovechamiento del almidón. Estudios de digestión ruminal de granos de maíz enteros, suspendidos en bolsitas en el rumen durante 96 horas, fueron publicados por Wilson *et al.* (1973) y Beauchemin *et al.* (1994), quienes

observaron un 30% y 16%, respectivamente, de pérdida de peso en los granos enteros. Por su parte, San Martín (2002) observó una degradación ruminal de 3,7% en granos de maíz enteros incubados durante 28 horas. Las diferencias observadas en la bibliografía pueden estar asociadas al tipo de grano empleado.

El intestino delgado es otro sitio de utilización del almidón (Owens *et al.*, 1986). Esa digestión complementaria hace que la digestibilidad del mismo sea casi completa, del 92 al 99% en todo el tracto digestivo de los rumiantes (Philippeau *et al.*, 1999; Pordomingo *et al.*, 2002). En el intestino delgado el almidón es digerido enzimáticamente y es allí donde se produce la absorción de glucosa. Su escape hacia ese sitio incluso puede mejorar la eficiencia de utilización de la dieta por su digestión directa (Philippeau *et al.*, 1999), mejorando la eficiencia de conversión de la materia seca (Russell *et al.*, 1981). Este mecanismo, sin embargo, es limitado porque la capacidad del intestino delgado para remover almidón de la ingesta es inferior a la de los monogástricos (Russell *et al.*, 1981; Owens *et al.*, 1986; Huck *et al.*, 1998). Si el almidón escapa hacia el intestino grueso, hay producción y absorción de AGV, si bien la principal función de este órgano es la absorción de agua (Dijkstra *et al.*, 2005).

2.4. Acostumbramiento a los granos

La primera etapa de la alimentación a corral con una dieta rica en granos que merece especial atención, es el acostumbramiento. En ese período el rumen del animal debe adaptarse progresivamente a fermentar altas cantidades de almidón sin que se provoquen trastornos digestivos. El rumiante proveniente del pastoreo no está preparado para fermentar y digerir grandes cantidades de almidón (Church, 1993). El rumen tiene que adaptar tanto su microflora para realizar el trabajo fermentativo, como la funcionalidad de sus paredes, mientras que el hígado debe prepararse para remover y procesar los metabolitos (nutrientes) emergentes de la fermentación. La microflora ruminal debe mudar de preferentemente celulolítica a amilolítica. Este cambio de dominancia de poblaciones bacterianas es estimulado por la presencia de almidón, requiriéndose para alcanzar un nivel de actividad amilolítica alto y sostenido aproximadamente dos semanas (Storry y Sutton, 1969). El almidón expuesto en el rumen se fermenta rápidamente, generando

AGV. Para que el proceso fermentativo sea estable y sostenido, éstos deben ser removidos del medio, previa absorción a través de las paredes del rumen (Church, 1993).

En el acostumbramiento, es importante reducir progresivamente en los animales el nivel de estrés provocado por el encierre y la necesidad de que aprendan nuevas rutinas de manejo como, por ejemplo, comer con mayor frecuencia y menor intensidad. Si esto no ocurre, los cambios en el comportamiento ingestivo alteran los procesos digestivos generando trastornos como, por ejemplo, la acidosis (Pordomingo, 2013).

Existen varias estrategias sugeridas tanto por la experimentación como por la práctica empresarial, para implementar el acostumbramiento (Pordomingo *et al.*, 1999). Una posibilidad sería comenzar con una dieta mayoritaria de heno para que, en el término de dos a tres semanas, alcanzar la dieta de alto contenido de grano. La velocidad de este proceso depende de la rutina y la capacidad de adaptación de los animales.

Una alternativa para hacer el acostumbramiento es la restricción del consumo de granos con sal, si bien su uso presenta la dificultad del mezclado con la dieta, por las diferencias granulométricas, por lo que puede decantar y quedar en la parte inferior del comedero. Los componentes de la sal (sodio y cloro) son nutrientes minerales esenciales para la vida de los animales. De estos dos elementos, el sodio es el único que en condiciones naturales de alimentación puede llegar a producir una severa deficiencia en vacunos. El uso de sal como alimento beneficioso para el ganado es conocido desde la antigüedad; los herbívoros tienen un apetito preferencial por esta sustancia, lo que tal vez haya contribuido a la domesticación de alguna de las especies (Mufarrege, 1999). Su eficacia para regular la ingesta en bovinos ha sido demostrada por algunos autores (Cardon *et al.*, 1951; Cardon, 1953; Riggs *et al.*, 1953; Kroger y Carroll, 1964), aunque hay trabajos que han observado limitaciones a su uso (Wagnon, 1965; Hentges *et al.*, 1967).

El uso de sal ofrece las siguientes ventajas prácticas según Lange (1973):

- evita la reposición diaria de alimento en los comederos y permite que los animales ingieran cantidades pequeñas en cada episodio de consumo, lo cual favorece al proceso de adaptación, reduciendo los riesgos de un consumo excesivo de grano.

- requiere menos frente de comedero por animal, debido a que no es necesario el acceso simultáneo de todos los animales.

La cantidad de sal necesaria para limitar el consumo de ración es muy variable y esto depende de varios factores:

- Nivel deseado de consumo de suplemento.
- Edad de los animales, ya que los animales jóvenes toleran mayor inclusión de sal en la dieta (Rich *et al.*, 1976).
- Cuando la palatabilidad del alimento es mayor, se requiere mayor inclusión de sal.
- La disponibilidad y calidad del agua de bebida. Cuanto mayor es el contenido de sales en el agua de bebida, menor deberá ser la inclusión de sal en la dieta.
- El manejo y ubicación del comedero, el clima y la categoría animal, son otros factores que inciden en el consumo de ración en esquemas de alimentación en autoconsumo (Rovira y Velazco, 2012).

La sal en pequeñas cantidades actúa como saborizante de la dieta, incrementando su palatabilidad. Por el contrario, mayor cantidad de sal en la ración actúa limitando el consumo animal. Para que esto suceda, al principio debe darse un 50% más de sal que la prevista para que limite el consumo, hasta que los animales se acostumbren a su ingestión (Beretta y Simeone, 2013). Según Rovira y Velazco (2012), con una inclusión de sal del 9% de la ración, el consumo se limita al 1,8% del peso vivo, y si se incrementa al 30% de la ración el consumo disminuye al 0,3% del peso vivo.

2.5. Consumo, conversión alimenticia y comportamiento ingestivo

El consumo de MS es el factor más importante en la determinación de la performance animal (Illius y Jessop, 1996). Altos niveles de consumo en forma sostenida, mayores al 2,5% del peso vivo, se correlacionan con alto aumento de peso (NRC, 2000). El consumo en novillos puede variar entre 2,6 al 2,8% del peso vivo, con la excepción de dietas de alta concentración energética (más de 80% de concentrado), donde puede deprimirse debido al efecto que los mecanismos quimiostáticos ejercen sobre la saciedad (Pordomingo, 2013).

El indicador de eficiencia más relevante del engorde a corral es la conversión alimenticia, en la cual el consumo de alimento es un determinante fundamental. Por ejemplo, Depetris *et al.* (2003) calcularon una conversión alimenticia de 6,2:1 en novillos alimentados con dietas en base a grano de maíz entero.

Experimentos comparativos de las formas de procesamiento del grano de maíz han encontrado respuestas similares en aumento de peso al comparar dietas basadas en grano de maíz entero versus molido, partido, aplastado o procesado en copos (Guthrie *et al.*, 1992; Mader *et al.*, 1993; Hill *et al.*, 1996; Mabuku *et al.*, 1996; Loerch y Fluharty, 1998a,b; Reinhardt *et al.*, 1998; Hejazi *et al.*, 1999). En algunos casos se han detectado mejoras en la eficiencia de conversión en dietas ofrecidas *ad libitum* (Secrist *et al.*, 1996 a, b), y en otros un mayor consumo de materia seca, pudiendo afectar negativamente la conversión alimenticia (Guthrie *et al.*, 1992; Bartle y Preston, 1992; Murphy *et al.*, 1994b). Todas las experiencias coinciden en que el tipo de maíz utilizado fue harinoso (*floury*) del tipo *dent* (dentado y semi-dentado), y de buen tamaño.

La relación entre el consumo de alimento, la duración de las comidas, la frecuencia de consumo y la eficiencia de conversión, todavía no está clara. Si bien el aumento de consumo de MS se asocia con mayor ganancia diaria de peso vivo (Gill *et al.*, 1986), en algunos estudios se ha observado que la correlación entre estas variables es débil (Meissner *et al.*, 1995). Gibb *et al.* (1998) señalan que la cantidad de tiempo que un animal está consumiendo puede ser un indicador fiable de las diferencias en consumo de MS observada entre diferentes días. Aunque numerosos estudios han documentado, a escala de corral, diferencias en la eficiencia de conversión debidas al régimen alimenticio (Gibb *et al.*, 1998), no se ha estudiado la relación entre los patrones de alimentación de cada animal y la eficiencia de conversión individual.

Las observaciones de Schwartzkopf-Genswein *et al.* (2002) indican que el 84% del tiempo que los animales están en el comedero se utiliza en el acto de consumir alimento. Sin embargo, otros investigadores indican que la relación entre la ingesta y la duración de alimentación es débil (Keys *et al.*, 1978). Según Rovira y Velazco (2012), el tiempo total de consumo de ración cuando se suplementan animales en pastoreo utilizando comederos de autoconsumo, manifiesta una importante variación entre días y entre animales, algo característico de esta tecnología. Por ejemplo, en un mismo animal, días

con alta tasa de consumo son seguidos por días con baja tasa del mismo, conducta típica de animales con algún grado de acidosis ruminal.

2.6. Grano de maíz y forma de suministro

El uso del grano de maíz entero permite lograr dietas simples, con pocos ingredientes ya que se puede suprimir el aporte de fibra, las cuales facilitan el suministro y el manejo de la alimentación (Parra *et al.*, 2002). En una revisión de ensayos de alimentación en confinamiento, Owens *et al.* (1997) concluyeron que el potencial del grano de maíz entero para aumento de peso es equivalente al del grano de maíz aplastado, y superior al del ensilaje de grano húmedo, siendo en todos los casos la eficiencia de conversión alta. También observaron que la eficiencia energética de las dietas que incluyen el grano de maíz entero es superior a la de las dietas con grano procesado. Ello podría deberse a que:

a) el menor contenido de fibra de las dietas de feedlot que incluyen maíz entero puede sobreestimar el valor energético del grano, ya que se transfiere al mismo una cualidad propia de toda la dieta, que es la menor proporción de fibra (Owens *et al.*, 1997);

b) el grano entero promueve mayor salivación y, por ende, un mayor pH ruminal, con lo que se espera una reducción de la acidosis subclínica y un mayor consumo (Britton y Stock, 1986; Stock *et al.*, 1995);

c) los efectos asociativos negativos entre el almidón y la fibra en el rumen, podrían ser inferiores en dietas con maíz entero, con respecto a dietas con granos procesados, debido a una mayor estabilidad ruminal (Zinn y Owens, 1983); y

d) si la digestión del grano entero no se afecta, el uso del mismo promueve un mayor pasaje de partículas de almidón hacia el tracto posterior, con una consecuente mejora en la eficiencia de utilización del mismo (Owens *et al.*, 1986).

Otro aspecto a considerar en la formulación de dietas basadas en el uso de grano entero de maíz para la terminación de los animales, es que el nivel de inclusión de un alimento que aporte proteína es relativamente bajo, por lo que el grano puede constituir

más del 70% de la dieta, aspecto que mejora la oferta energética de la misma. Las necesidades proteicas de los novillos en terminación se cubren cuando la dieta contiene del 12 al 13% de proteína bruta (NRC, 2000).

En la alimentación a corral o feedlots, es usual suministrar el alimento ad libitum, lo que se conoce como “comedero lleno”. Sin embargo, sería recomendable suministrar el alimento varias veces al día, dos o más, con lo que se consigue que el consumo sea más homogéneo, se evita al colocar menos comida en el comedero que pierda calidad, que el animal seleccione o que migren las partículas más finas hacia el fondo del comedero. Con ello los animales consumirían una dieta más balanceada y, al haber un mayor control diario de la ingesta se logra mayor estabilidad en el funcionamiento ruminal y se evita la incidencia de acidosis subclínica (Kaufmann y Saelzer, 1976).

Una alternativa al suministro diario es el uso de los comederos de autoconsumo. Esta tecnología surgió en la década del 40 en Estados Unidos, debido a la escasez de mano de obra en las áreas rurales, a causa de la 2ª Guerra Mundial. La tecnología se comenzó a difundir en nuestro país en los últimos años, inicialmente en establecimientos de gran superficie, con poca disponibilidad de mano de obra dedicada a la ganadería y/o suelos húmedos y anegados donde se dificulta el acceso diario al campo. Más recientemente en el tiempo, se produjo una adopción significativa de la tecnología de autoconsumo asociado a la intensificación de los sistemas de producción ganaderos, en un escenario de competencia por tierra y mano de obra con otras alternativas de producción (Manzanal, 2005; Rovira y Velazco, 2012). Uno de los retos más importantes que afrontan los sistemas de producción ganaderos es el de conocer, controlar y reducir los costos, principalmente los operativos, para que sean viables desde el punto de vista económico. En este sentido, es importante cuantificar el impacto del uso de los comederos autoconsumo a nivel sistémico (Rovira y Velazco, 2012). Según Ghida Daza *et al.* (2009), el cálculo *ex post* de indicadores económicos tiene utilidad tanto a nivel de la empresa individual como a escala de una región o de un sector de la producción, y los resultados obtenidos sirven de elementos de juicio para que el productor pueda mejorar la toma de decisiones referidas al uso de los recursos de los que dispone.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio y período experimental

La experiencia se llevó a cabo en la Unidad Demostrativa de Cría y Recría Vacuna Reserva 6 de la EEA INTA Balcarce (37° 45' Lat. Sur; 58° 18' Long. Oeste; 130 m s.n.m.). La misma está situada en una región de clima templado, con temperatura media anual de 13,7°C y una precipitación media de 900 mm/año. Durante el ensayo la temperatura media fue de 21,4°C y las precipitaciones totalizaron 160 mm, según registros de la estación agro-meteorológica de la EEA INTA Balcarce. El ensayo tuvo una duración de 84 días, desde el 12 de enero hasta el 6 de abril de 2015. Los primeros 16 días fueron considerados fase inicial de acostumbramiento a los tratamientos.

Se utilizaron 12 corrales 15 x 17,5 m, con piso de tierra, disponiendo cada uno de un bebedero con suministro permanente de agua. En cada corral hubo dos animales por lo que el espacio asignado fue de 131,25 m²/animal.

3.2. Animales

Se utilizaron 24 novillos Aberdeen Angus de 309 ±31 kg de peso vivo (PV) y 480 ± 30 días de edad. Los mismos provenían de un sistema de cría pastoril constituido por seis módulos experimentales. Fueron criados entre abril y septiembre 2015 a corral con heno *ad-libitum* y suministro diario de ración basada en grano y expeler de soja y luego en pastoreo de agropiro (*Thinopyron ponticum*) hasta el comienzo del presente ensayo.

Los animales de cada módulo (bloque: según el rodeo del que provenían) se asignaron aleatoriamente a cada tratamiento y fueron ubicados en los 12 corrales de alimentación, los cuales constituyeron la unidad experimental que incluía dos novillos cada uno. Los animales contaron con sanidad completa (antiparasitario, cobre y, vacunas respiratoria y carbunco). Antes de comenzar el ensayo se administró el antiparasitario en forma oral (Fenbendazol, nombre comercial Fentec[®] de laboratorios Tecnofarm[®]), a una dosis de 5 ml/100 kg PV (5 mg/kg PV); luego se realizó un muestreo de heces determinándose la cantidad de huevos por gramo (hpg), para confirmar la eficiencia del tratamiento.

Se trabajó con adecuadas normas de manejo animal bajo el protocolo CICUAE n° (004/214).

3.3. Tratamientos

Los tratamientos fueron dos y estuvieron constituidos por la forma de suministro del alimento: suministro diario (SD) y comedero de autoconsumo (AC).

En el tratamiento SD el alimento se entregó dos veces por día (9,00 y 15,30 h) en comederos de plástico, aportando en cada oportunidad el 50% del total diario de la ración. La cantidad de alimento a suministrar se estimó diariamente, para lo cual se siguieron tres reglas de decisión:

1. Si el remanente del comedero, antes del suministro de la mañana, era superior a 1 kg MS de ración, se reducía la misma 10%. Si al tercer día persistía esta situación, se volvía a reducir el suministro otro 10%.
2. Si el remanente en los comederos era menor a 1 kg MS de ración, se mantenía la cantidad suministrada el día anterior.
3. Si no existía remanente, se aumentaba el suministro 10% y, si al tercer día persistía esta situación, la ración se incrementaba otro 10%.

En el tratamiento AC se utilizaron comederos tolva de chapa galvanizada de 800 kg de capacidad, dividido en dos partes de manera tal que cada comedero era compartido por dos corrales (Figura 3.1.). La carga del comedero se realizó cada cuatro días en la etapa de acostumbramiento y semanalmente durante el período experimental.



Figura 3.1. Comedero tolva de autoconsumo y animales utilizados en el ensayo.

3.4. Alimentación

Durante la etapa experimental, que duró 68 días, la dieta estuvo constituida, base materia seca (MS), por 85% de grano de maíz entero y 15% de expeller de girasol. Además, los animales dispusieron de sales minerales que contenían un mínimo de 21,5% de calcio, 10,8% de fósforo y 1% de magnesio, suministradas en bateas aparte a razón de 50 g/animal/día.

Para ambos tratamientos se realizó un acostumbramiento de los animales a la dieta durante 16 días con suministro *ad libitum*. Para ello se utilizó en el tratamiento SD heno de pasturas base agropiro, obtenido de la Unidad Demostrativa Reserva 6, el cual fue picado a un tamaño de 2-3 cm (las fracciones más pequeñas) con un mixer vertical para facilitar su manipulación. Fue incorporado a la dieta en una proporción, base MS, 60:40 (60% heno y 40% concentrado) durante los primeros cuatro días, disminuyendo la proporción de heno e incrementando la de concentrado 20% cada cuatro días, para

finalmente llegar hacia el día 16 a una dieta conformada 100% por el concentrado, como se indica en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Esquema de alimentación en el período de acostumbramiento en el tratamiento SD (suministro diario).

Días de Acostumbramiento	Concentrado energético-proteico en la dieta	Heno en la dieta
1-4	40%	60%
5-8	60%	40%
9-12	80%	20%
13-16	100%	0%

Para el acostumbramiento en el tratamiento AC se utilizó sal común (NaCl) mezclada con el concentrado energético–proteico. Durante los primeros 4 días la sal constituyó el 12% de la dieta (base tal cual), disminuyendo cada cuatro días el 4% hasta conformar una dieta sin sal a partir del día 12 (Cuadro 3.2.). Adicionalmente, los animales dispusieron de heno *ad-libitum*, también picado, en comederos aparte dentro de cada corral durante todo el período de acostumbramiento. Una vez iniciada la fase experimental, se mantuvo el acceso al heno durante seis horas (8,00-14,00 h) durante los primeros cuatro días, y se redujo a tres horas (8,00-11,00 h) en los cuatro días siguientes, eliminándose a partir de allí.

Cuadro 3.2. Esquema de alimentación en el período de acostumbramiento en el tratamiento AC (autoconsumo).

Días	% de sal en la ración	Heno
1-4	12%	<i>Ad libitum</i>
5-8	8%	<i>Ad libitum</i>
9-12	4%	<i>Ad libitum</i>
13-16	0%	<i>Ad libitum</i>

3.5. Calidad de los alimentos

En los alimentos individuales utilizados en el ensayo (grano de maíz, expeller de girasol y heno de agropiro), y en la dieta experimental (85% grano de maíz y 15% expeller de girasol) se determinaron los siguientes parámetros:

- contenido de MS mediante el secado en estufa a 60°C con circulación de aire durante 48 hs.
- materia orgánica (MO) mediante mufla a 500-600°C (AOAC, 1990).
- digestibilidad *in-vitro* de la MS (DIVMS) en un incubador Daisy^{II} (Ankon Corp., Macedon, NY) durante 48 horas.
- proteína bruta (PB) a partir del N obtenido por combustión en un analizador Leco FP-528 (Horneck y Miller, 1998). Para convertir N en PB se utilizó el factor 6,25.
- fibra detergente neutro (FDN) con equipo ANKOM²⁰⁰ (ANKOM Corp., Faiport, NY), según Van Soest *et al.* (1991).
- extracto etéreo (EE) por el método de Soxlet (AOAC, 1990) utilizando un equipo ANKOM XT10.
- almidón (ALM) se determinó en el maíz según el método enzimático de MacRae y Amstrong (1968).

Se calculó la concentración energética (Mcal energía metabolizable (EM)/kg MS) a partir de la DIVMS utilizando el factor 3,608 (AFRC, 1993).

3.6. Mediciones en los animales

3.6.1. Consumo

En la etapa de acostumbramiento en el tratamiento SD se determinó diariamente el consumo total de alimento (concentrado y heno) y en el tratamiento AC se realizó cada cuatro días y se midió por separado el consumo de concentrado conteniendo la sal y el de heno, en ambos casos por diferencia entre el suministro y el remanente. Durante la fase experimental, donde la dieta fue constituida solamente por el concentrado, el consumo se continuó midiendo diariamente en SD, y semanalmente en AC. Las determinaciones se

realizaron en cada corral y se tomaron alícuotas del remanente, cuando lo hubo, para determinar MS.

3.6.2. Peso vivo

Los animales se pesaron individualmente cada 21 días aproximadamente con balanza electrónica Hook®, a la misma hora en dos días consecutivos. Para ello se consideró el total del período de engorde de 68 días, el cual se subdividió en dos períodos: inicial (0-42 días) y final (43-68 días).

3.6.3. Espesor de grasa dorsal (mm)

El espesor de grasa dorsal (EGD) fue evaluado por ultrasonido al inicio, al día 42 y al finalizar el ensayo. Se determinó en forma individual entre la 12ª y 13ª costilla sobre el área de la sección transversal del músculo *Longissimus dorsi* a nivel del espacio intercostal. Se utilizó un ecógrafo (Pie Medical S-200) con transductor lineal de 3,5 Mhz de 18 mm de largo y se empleó aceite comestible comercial como agente acoplante. Estas mediciones siempre fueron realizadas por el mismo operario.

3.6.4. Mediciones a la faena

Al finalizar el ensayo los animales fueron faenados en un frigorífico comercial distante 200 km del campo experimental. A las 9:00 horas del día anterior al envío al frigorífico, los animales fueron pesados y encerrados con acceso a agua fresca pero sin alimento. Se faenaron a la mañana siguiente de su arribo al frigorífico, permaneciendo hasta entonces en los corrales de espera con acceso a agua fresca. Para el sacrificio, los animales fueron aturdidos y luego desangrados. Allí se registró el peso de la res caliente para luego estimar el rendimiento de la misma. Este se calculó como la relación entre el peso de la res caliente y el peso vivo del animal considerando un 6% de desbaste según sugiere Di Marco (1998).

3.6.5. Comportamiento ingestivo

El último día de cada subperíodo dentro del acostumbramiento (cuatro días) y la última semana antes de cada pesada (cada 21 días) se evaluó el comportamiento ingestivo de los animales, registrándose las actividades que cada animal desarrollaba cada cinco minutos durante 24 horas consecutivas (Depetris, 2004). En la observación de comportamiento ingestivo, el criterio de que cada registro de consumo se realice cada 5 minutos, se basa en la observación visual y el trabajo de validación llevado a cabo por Gibb y McAllister (1999) y por Sowell *et al.* (1998) para el ganado vacuno.

Se analizó el tiempo (min/día) destinado al consumo de alimento (heno y concentrado), de agua, de sales minerales, a la rumia y al descanso. Se definió como “consumo” cuando el animal se observaba consumiendo o por lo menos con el morro dentro del comedero o bebedero, para considerar que el animal estaba “rumiando” se tenía en cuenta los movimientos laterales de la mandíbula inferior y por último se consideraba “descanso” al resto de las actividades.

También se registró la frecuencia de ocurrencia de cada actividad, considerando el evento como uno solo si las observaciones eran contiguas. Por ejemplo, dos observaciones contiguas de consumo de alimento que representaban cinco minutos cada una, se consideraron como un único evento de 10 minutos de duración. Para obtener el tiempo real destinado a cada actividad se multiplicó el total de observaciones para cada variable por cinco.

3.7. Aprovechamiento de los granos de maíz

Se obtuvieron muestras de heces (300 a 400 g aproximadamente) en todos los corrales y tratamientos, al final de cada subperíodo de acostumbramiento (cada cuatro días) y luego semanalmente. Una fracción de la misma de 20 g se utilizó para medir el pH, para ello, se la mezcló con 100 ml de agua destilada, se licuó durante 2-3 minutos, se pasó por un filtro de tela y se midió el pH utilizando un peachímetro Digisenser. El resto de las heces de aproximadamente 50 g se utilizó para determinar la MS y el contenido de almidón, lo cual se hizo con el método enzimático de MacRae y Armstrong (1968). A partir del mismo se estimó la digestibilidad de este componente aplicando tres ecuaciones predictivas desarrolladas para vacunos en feedlot. Las mismas fueron:

$$y=100,5 - (0,6489 \times AH) \quad (R^2= 0,91; \text{Zinn } et \text{ al.}, 2002)$$

$$y=102,4 - (0,72 \times AH) \quad (R^2= 0,97; \text{Corona } et \text{ al.}, 2005)$$

$$y= 99,9 - 0,413AH - 0,0131 AH^2 \quad (R^2= 0,96; \text{Zinn } et \text{ al.}, 2007)$$

Donde: y= digestión del almidón en todo el tracto gastro-intestinal (%); AH= contenido de almidón en heces (%).

El resto de las heces se diluyeron en agua y se filtraron con un tamiz de 4 mm con el fin de recuperar los granos, siguiendo el procedimiento de dilución y decantación descrito por Maresca (2004). Luego de su secado en estufa a 60°C, los granos fueron separados en dos categorías: los aparentemente enteros y los partidos. De los granos enteros se contabilizó su número y peso. Se consideró como grano aparentemente entero a aquel que visualmente mostraba el pericarpio intacto, por último se comparó en cada tratamiento el peso de 100 granos excretados aparentemente enteros, con el peso de los granos suministrados.

3.8. Lectura de las heces

Se caracterizó el aspecto de las heces para identificar la ocurrencia de posibles trastornos digestivos. Para ello se utilizó una escala visual descrita por Barra (2005) que tiene en cuenta el color y la forma física de las deyecciones, con lo cual se las clasifica en seis categorías (Cuadro 3.3. y Figura 3.2.). Para su determinación se tomaron periódicamente imágenes fotográficas de las deyecciones, las que fueron luego evaluadas por cuatro observadores para disminuir la subjetividad propia de esta metodología.

Cuadro 3.3. *Escala de clasificación de heces en vacunos (tomado de Barra, 2005).*

Clasificación	Descripción
-2	Los animales bostean en boñigas, como los equinos. Generalmente indica elevada cantidad de fibra en la dieta. Es más alta, de menor diámetro y más dura que la normal.
-1	Habitualmente se debe a una alimentación con alto contenido de fibra o falta de agua.
1	Es la normal, perfectamente formada, de color típico y donde se puede notar nítidamente el botón que queda en el lugar donde el animal termina de bostear.
2	Tiene forma y coloración normal, pero no se puede notar donde terminó de bostear.
3	De color normal pero sin forma, diarreica. Indica acidosis subclínica.
4	De forma diarreica y color gris; indica acidosis clínica.



Figura 3.2. Caracterización de las heces de un vacuno según la escala de Barra (2005).

3.9. Eficiencia energética

Se estimó el requerimiento energético de cada animal utilizando el sistema NRC (2000). Los cálculos se realizaron diariamente en base al peso del animal y su correspondiente tasa de ADPV estimada por regresión.

La energía requerida para el mantenimiento se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Mantenimiento (Mcal EM/día)} = [(\text{Met. Ay.} \times \text{PVC}^{0.75}) + \text{EClima}] \div \text{km}$$

Donde:

- Met. Ay. = metabolismo de ayuno, estimado utilizando una tasa metabólica de 77 kcal/kg^{0.75} (NRC, 2000).
- PVC= peso del animal vacío, calculado como la diferencia entre el PV y el llenado gastro-intestinal, el cual se estimó como: $-10,7 + 0,961 \times \text{PV}$ (Di Marco, 1998).
- EClima= efecto del clima, calculado considerando la temperatura media (tm, °C) de cada mes del ensayo, de acuerdo a la siguiente expresión (NRC, 2000): $0,0007 \times (20 - \text{tm})$
- km= eficiencia de utilización de la EM para mantenimiento (NRC, 2000): $0,3714 + 1,49 \times \text{DIVMS} - 0,0079 \times \text{DIVMS}^2$

No se consideró en el mantenimiento un costo adicional por actividad debido a que los animales no estaban en pastoreo.

La energía requerida para la ganancia de peso se calculó de la siguiente forma:

$$\text{Ganancia de peso (Mcal EM/día)} = \text{ER/kf}$$

Donde:

- ER= energía retenida en la ganancia, estimada en función del peso del animal vacío (PVC) y de la tasa de aumento de peso vacío (GPV) de la siguiente forma (NRC, 2000): $0,0635 \times \text{PVC}^{0.75} \times \text{GPV}^{1.097}$
- kf= eficiencia de utilización de la EM para ganancia de peso (NRC, 2000): $-73,6 + 2,71 \times \text{DIVMS} - 0,015 \times \text{DIVMS}^2$

Luego de obtenida la demanda energética global de cada animal, se calculó la eficiencia energética (Mcal EM/kg ADPV), el consumo estimado de alimento y la conversión alimenticia, la que se expresó como kg PV/Tn MS.

3.10. Variables calculadas para estimar eficiencia productiva

- ADPV (kg/día) = regresión del peso vivo (kg) en el tiempo (días)
- Tasa de engrasamiento por períodos (TE, mm/mes)= diferencia de espesor de grasa dorsal (mm)/tiempo (meses)
- TE total (mm/mes) = regresión del espesor de grasa dorsal (mm) en el tiempo (días)
- Eficiencia de conversión alimenticia (ECA, kg PV/Tn MS)= PV producido (kg)/MS consumida (Tn).
- Rendimiento de la res (%)= peso de la res caliente (kg) x 100/(PV desbastado).
- Consumo de energía (Mcal EM)= MS consumida x concentración energética de la dieta.

3.11. Variables calculadas para estimar eficiencia económica

Se tuvieron en cuenta los procedimientos utilizados por AACREA (1988), Ghida Daza *et al.* (2009) y Rovira y Velazco (2012) para el cálculo económico y se consideró los valores vigentes a enero 2016 (Cuadro 3.4.). Para ello se estimó el margen bruto (MB):

$$MB = IN - CD$$

IN= ingreso neto

CD= costos directos

En el IN se tuvo en cuenta el precio de venta de los novillos gordos. Los CD resultaron de la sumatoria de los costos efectivos y no efectivos. Dentro de los primeros fueron considerados los siguientes:

- gastos de comercialización de un 5%, sólo para la venta, porque la hacienda

era propia.

- no se consideró el flete porque la internada era propia del establecimiento y al realizarse la venta el comprador retiró los animales del predio.
- sanidad del rodeo: calculada teniendo en cuenta el calendario sanitario y una mortandad del 0,5 % por ciclo de engorde.
- mano de obra: se consideró como permanente una persona cada 500 animales,
- combustible: libre de I.V.A.,
- alimentos: se consideró una corrección de un 10% más en el precio por la humedad que presentan los concentrados al momento de la compra. Para el maíz se tomó la cotización de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, para el expeller de la Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (depende el lugar donde se compran estos suplementos, el precio puede variar mucho con respecto a estas cotizaciones, por eso se decidió tomar estos valores como referencia). Para el suplemento mineral los valores se tomaron en agroveterinarias locales.

Los costos no efectivos incluyeron las amortizaciones de los comederos por el tiempo de uso.

Para establecer los valores de la hacienda en pie (sin I.V.A.) se recurrió a dos consignatarios regionales que clasificaron los animales según su criterio comercial habitual.

Retorno por peso gastado (R.P.G., \$/\$): Es un indicador financiero de actividades. Es la relación entre el valor neto del producto (ingreso bruto efectivo descontados los gastos de comercialización y fletes) y los costos directos efectivos (no se consideran: las amortizaciones directas; los intereses como costo de oportunidad; los gastos de comercialización y fletes), por lo tanto el R.P.G. se calcula de la siguiente manera:

$$\text{R.P.G.} = \frac{\text{Ingreso Bruto Efectivo} - \text{Gastos de Comercialización y Fletes}}{\text{Costo Directo} - \text{Comercialización} - \text{Fletes} - \text{Intereses} - \text{Costos no Efectivos}}$$

. Esta relación de \$/\$ se expresa en (%), es decir, este indicador muestra por cada peso que se gasta, cuantos pesos se recuperan (Hamdan, 2016).

Cuadro 3.4. Componentes del margen bruto de la terminación de novillos a corral según el tipo de suministro de alimento: suministro diario (SD) o comederos de autoconsumo (AC), valores a enero del año 2016.

Insumos	Valores	
Consumo de gas oil (litros/día)	4	
Gas oil (\$/litro)	13,00	
Mano de obra (\$/hora)	50,00	
Alimento (\$/tonelada)	2409,00	
Precio de la internada (\$/kg)	29,00	
Precio del gordo (\$/kg)	28,00	
Sanidad (\$/novillo)	50,00	
Insumos según tipo de suministro	SD	AC
Traslado al corral (horas/día)	1	1
Suministro alimento (días/semana)	7	1
Suministro de la dieta (horas/día)	1,5	2,5
Revisión diaria (horas/día)	0,5	0,5
Amortización del comedero (\$/animal)	17,44	12,83
Combustible (\$/animal)	43,84	10,40
Mano de obra (\$/animal)	100,00	35,00

3.12. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño en bloques (6 módulos) completos aleatorizados con medidas repetidas en el tiempo, con dos tratamientos (AC y SD) y dos períodos (0-42 y 0-68). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \Omega_k + (\alpha_i + \Omega_k) + e_{ijk} \quad i= 1,2 \quad j= 1,2,3,4,5,6 \quad k= 1,2$$

Donde:

Y_i : variable observada,

μ : media general,

α_i : efecto del i-ésimo tratamiento,

β_j : efecto del j-ésimo módulo (bloque),

e_{ij} : error experimental del i-ésimo tratamiento y del j-ésimo módulo (bloque).

Ω_k : efecto del k-ésimo período,

$(\alpha_i + \Omega_k)$: efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el k-ésimo período.

e_{ijk} : error experimental del i-ésimo tratamiento, del j-ésimo módulo (bloque) y del k-ésimo período.

Las variables se analizaron mediante ANOVA, utilizando el procedimiento GLM (modelos lineales generales) del paquete estadísticos SAS (1999), versión 8.0. Los datos se expresaron como media \pm desvío estándar y error estándar de la media (EEM). Las comparaciones de las medias se efectuaron utilizando el test de Tuckey Cramer.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de los alimentos y de la dieta

La composición química, DIVMS y la EM del heno de agropiro, utilizado sólo en el período de acostumbramiento, de los ingredientes individuales y del concentrado, se muestran en el Cuadro 4.1. Como puede observarse, la dieta tuvo 12,4% de PB, fue baja en fibra y alta en almidón, y su EM era de 2,88 Mcal/kg MS.

Cuadro 4.1. Composición química, digestibilidad y EM de los alimentos individuales y del concentrado conformada por 85% grano entero de maíz y 15% expeller de girasol.

	Fibra		Concentrado	
	Heno agropiro	Grano maíz	Expeller girasol	Mezcla ofrecida
MS (%)	91,8	91,0	92,0	91,2
MO (%)	91,0	97,5	92,9	97,0
PB (%)	6,4	8,7	33,5	12,4
FDN (%)	68,5	6,3	35,9	10,7
EE (%)	--	4,4	1	4,5
Almidón (%)	--	73,0	--	61,6
DIVMS (%)	58,6	82,0	65,0	79,4
EM (Mcal/kg MS)	2,10	2,95	2,51	2,88

MS: materia seca. MO: materia orgánica. PB: proteína bruta. FDN: fibra detergente neutra. EE: extracto etéreo. DIVMS: digestibilidad in vitro de la materia seca.

4.2. Consumo en el período de acostumbramiento

El consumo de alimentos en el tratamiento SD durante la etapa de acostumbramiento se muestra en la Figura 4.1. Como se puede observar, el consumo del concentrado aumentó progresivamente siguiendo una tendencia lineal ($R^2= 0,79$), mientras que el de heno fue similar en los dos primeros períodos de acostumbramiento y

decaió en el tercero. El consumo total fue más bajo en el primer período de cuatro días de acostumbramiento, siendo similar y más alto en los períodos restantes.

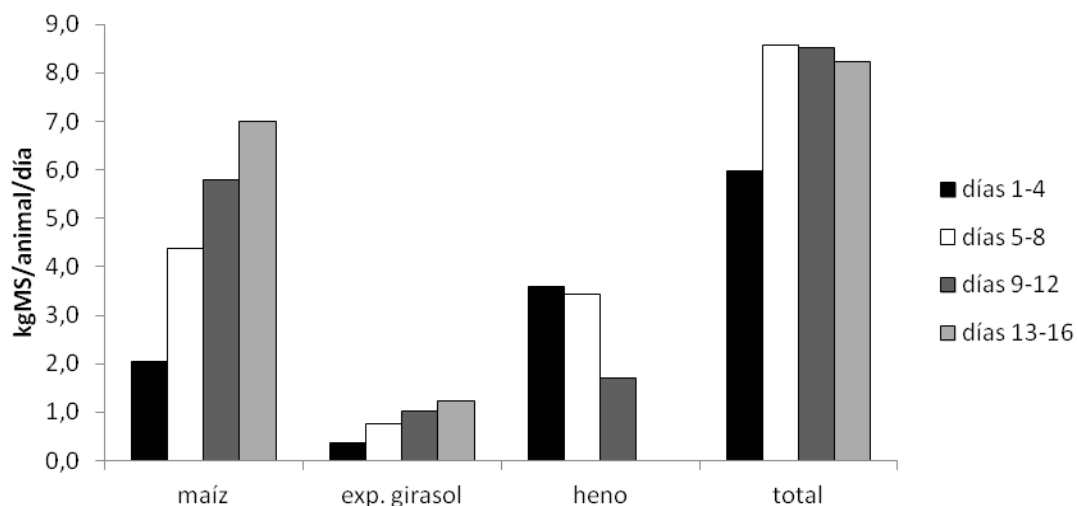


Figura 4.1. Consumo de los componentes de la dieta de acostumbramiento en novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) de alimento.

En el tratamiento AC (Figura 4.2.) se observa que el consumo de maíz mostró poca variación entre períodos de acostumbramiento ($R^2= 0,14$), ocurriendo algo similar con el expeller de girasol y el heno. En cambio, el consumo de sal disminuyó en la medida que la misma se fue reduciendo de la dieta de acostumbramiento.

El consumo total de alimentos, promedio por animal durante toda la etapa de acostumbramiento, fue similar entre tratamientos (7,82 y 7,57 kg MS/animal/día para SD y AC, respectivamente).

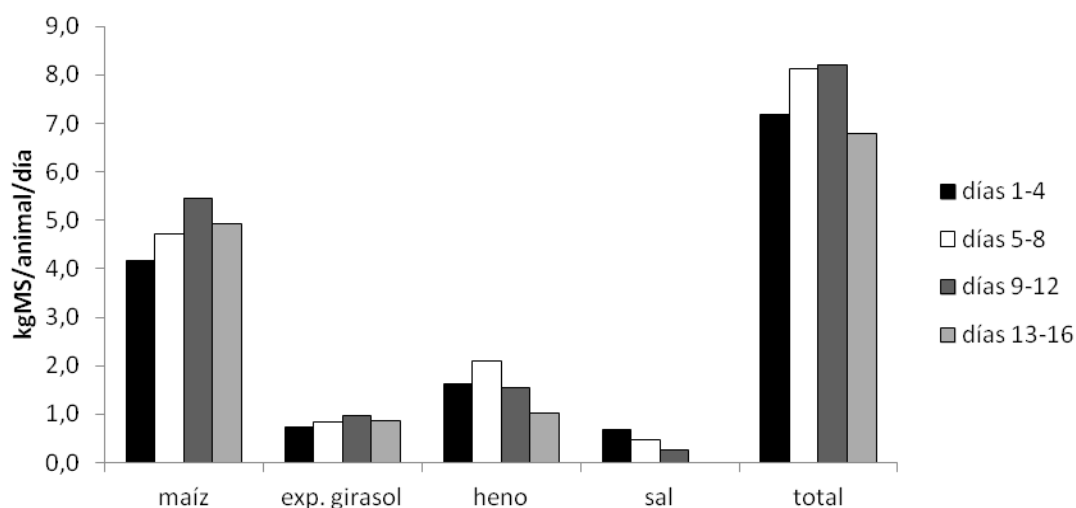


Figura 4.2. Consumo de los componentes de la dieta de acostumbramiento en novillos alimentados a corral con autoconsumo (AC) de alimento.

En el tratamiento AC el consumo de heno en la etapa de acostumbramiento, donde se ofreció *ad libitum*, fue irregular entre días y representó en promedio alrededor del 1% del PV de los animales. Cuando la oferta de heno se redujo a seis horas (primeros cuatro días del engorde) y luego a tres horas (siguientes cuatro días), el consumo fue más bajo (aproximadamente 0,3% del PV) y con menor variación entre días (Figura 4.3.).

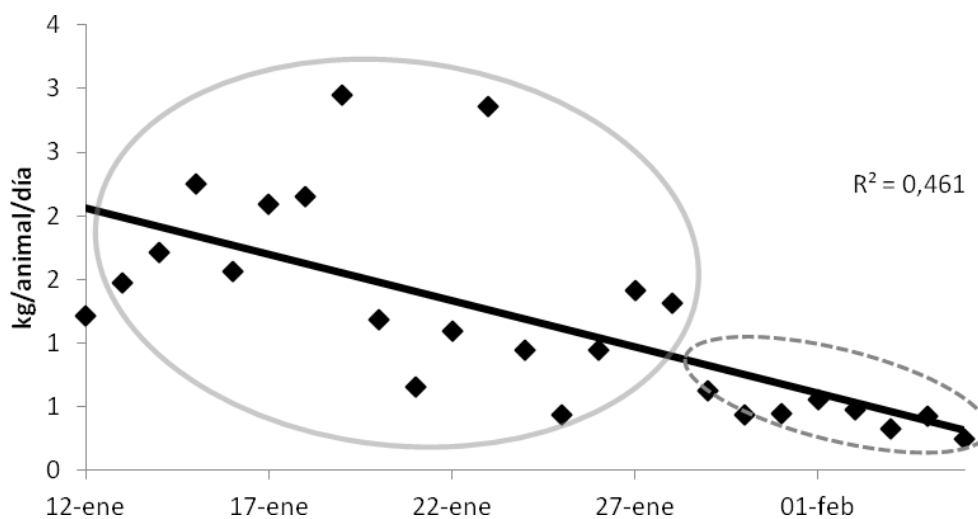


Figura 4.3. Consumo de MS de heno en novillos alimentados a corral con autoconsumo (AC) de alimento durante el acostumbramiento (círculo con línea entera) y los primeros ocho días de engorde (círculo con línea punteada).

4.3. Evolución del peso vivo y rendimiento de res

No hubo diferencias entre tratamientos ($p > 0,05$) en el peso inicial, final ni en el ADPV, durante todo el engorde ni en los dos períodos en que se dividió el mismo (Cuadro 4.2.). El ADPV durante todo el período de engorde fue en promedio de 1,05 kg/día, siendo la tasa de ganancia 39% más alta en el período inicial (0-42 días) con respecto al final (1,14 y 0,82 kg/día, respectivamente).

Considerando el total del engorde (68 días), la evolución del peso de los animales estuvo descrita por las siguientes ecuaciones de regresión:

$$\text{SD: } y = 315,8 + 1,051x; R^2 = 0,98$$

$$\text{AC: } y = 317,6 + 1,043x; R^2 = 0,99$$

Donde: y = peso (kg) y x = días

El peso de la res caliente no se diferenci6 entre tratamientos, mientras que el rendimiento de res en AC fue 1,63 unidades porcentuales ($p < 0,05$) mayor que en SD (Cuadro 4.2.).

Cuadro 4.2. *Peso vivo, tasa de aumento diario de peso vivo (ADPV) y rendimiento de res de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o autoconsumo (AC) de alimento en dos periodos de evaluaci6n.*

	SD	AC	EEM	p
<u>Peso vivo</u>				
Inicial (kg)	318,6 ±29,4	318,2 ±17,4	9,990	0,979
Día 42	364,8±41,2	368,8±40,3	9,239	0,762
Final (kg)	388,9 ±42,3	388,1 ±42,9	10,293	0,955
<u>ADPV (kg/día)</u>				
Período 0-42 días	1,10 ±0,28	1,17 ±0,32	0,065	0,287
Período 43-68 días	0,84±0,29	0,79±0,39	0,097	0,674
Período 0-68 días	1,05±0,18	1,04±0,23	0,047	0,912
Peso res (kg)	205,20±25,03	210,65±25,16	6,059	0,533
Rendimiento de res (%)	56,07±1,79	57,70±1,97	0,471	0,025

EEM= error estándar de la media; p= p valor.

4.4. Consumo y conversi6n de alimento

Hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos en el consumo de MS a lo largo de todo el engorde, y en cada uno de los periodos en que se dividi6 el mismo. En AC fue 12 y 8% más alto que en SD para el primer y segundo periodo, respectivamente (Cuadro 4.4.). Considerando todo el periodo de engorde, el consumo de MS fue 10% mayor en AC (7,91 y 7,21 kg MS/animal/día en AC vs. SD, respectivamente). Si se expresa el consumo de MS en forma relativa al peso, también hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos, siendo más alto en AC.

Además de las diferencias entre tratamientos en el promedio diario de consumo de MS, se observó que en AC el consumo de MS entre semanas fue más variable, como lo muestra la Figura 4.4. A pesar de ello no se observaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre los desvíos estándar, los cuales fueron de $0,82\pm 0,33$ y $1,02\pm 0,31$ kg MS/animal/día en SD y AC, respectivamente.

Cuadro 4.4. Consumo y eficiencia de conversión alimenticia (ECA) de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o autoconsumo (AC) de alimento.

	SD	AC	EEM	p
<u>kg MS/animal/día</u>				
0-42 días	7,12 ± 0,88	7,98 ± 1,25	0,138	<0,01
43-68 días	7,35 ± 1,20	7,96 ± 1,24	0,143	0,023
0-68 días	7,21 ± 0,82	7,91 ± 1,02	0,092	<0,01
<u>Consumo relativo (% PV)</u>				
0-42 días	2,08 ± 0,16	2,32 ± 0,28	0,079	0,045
43-68 días	1,95 ± 0,24	2,21 ± 0,27	0,075	0,037
0-68 días	2,04 ± 0,19	2,24 ± 0,12	0,064	0,033
<u>ECA (kg PV/Tn MS)</u>				
0-42 días	152,29 ± 25,0	149,81 ± 26,5	7,502	0,817
43-68 días	120,22 ± 48,75	98,49 ± 52,84	7,023	0,350
0-68 días	145,65 ± 18,3	131,29 ± 20,8	6,198	0,119

EEM= error estándar de la media. p= p valor.

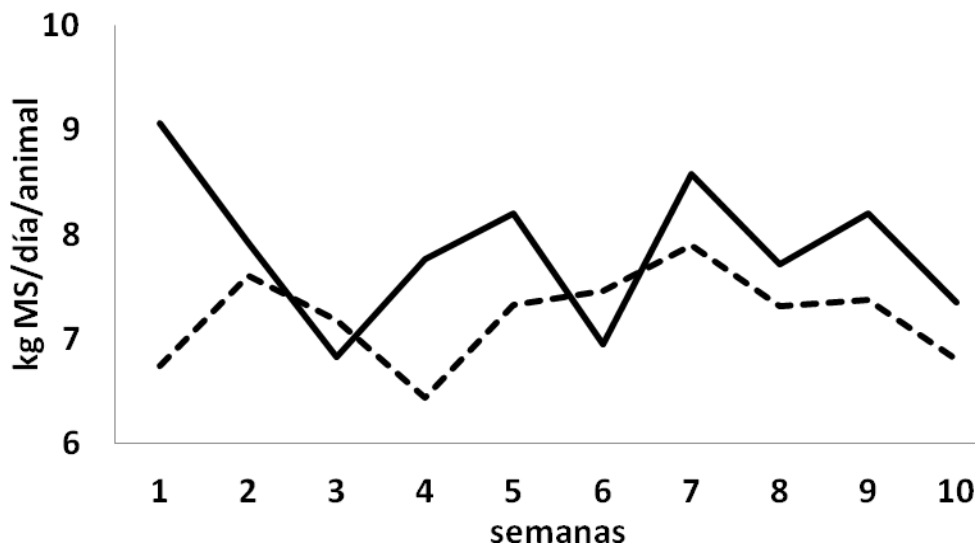


Figura 4.4. Consumo de alimento expresado semanalmente (kg MS/día/animal) de novillos alimentados a corral con suministro diario (línea punteada) o autoconsumo (línea entera) de alimento.

A pesar de las diferencias en el consumo, la ECA fue similar entre tratamientos en ambos períodos de engorde y en el total. Como lo muestra el Cuadro 4.4., considerando la totalidad del engorde.

4.5. Espesor de grasa dorsal

No hubo diferencias significativas entre tratamientos en el EGD inicial, final, ni en su tasa de incremento mensual en los períodos evaluados (Cuadro 4.3.).

Al inicio del engorde el 67% de los animales (75% en SD y el 58% en AC) tenían un EGD menor a 6 mm. En el día 42 sólo el 12,5% (17% en SD y 8% en AC) estaban por debajo de dicho valor, mientras que al final del ensayo todos los animales tenían un EGD superior a los 6 mm. No hubo diferencias ($p > 0,05$) en el ADPV entre animales con EGD por debajo o por encima de los 6 mm al inicio del engorde.

Cuadro 4.3. *Espesor de grasa dorsal de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o autoconsumo (AC) de alimento.*

	SD	AC	EEM	p
<u>Espesor de grasa dorsal (mm)</u>				
Inicial	5,17 ±1,68	5,69 ±1,49	0,324	0,303
42 días	7,98±1,99	8,86±1,89	0,528	0,253
Final	8,66 ±2,03	9,69 ±1,23	0,411	0,202
<u>Tasa de incremento (mm/mes)</u>				
0-42 días	2,01±0,80	2,26±1,04	0,171	0,516
43-68 días	0,96±1,04	0,70±1,89	0,461	0,785
0-68 días	1,56±0,50	1,79±0,71	0,112	0,171

EEM= error estándar de la media. p= p valor.

4.6. Comportamiento ingestivo

Se realizaron siete observaciones del comportamiento ingestivo, cuatro correspondieron al período de acostumbramiento y las tres restantes al período de engorde. Hubo interacción significativa entre período y tratamiento en el tiempo destinado a consumo de alimento y a la rumia. Los min/día destinados a estas dos actividades fueron aproximadamente 2,5 veces más altos en el período de acostumbramiento con respecto al de engorde. Durante el acostumbramiento, el tiempo de consumo fue mayor ($p < 0,05$) en SD, mientras que en el período de engorde fue más alto ($p < 0,05$) en AC. Con el tiempo de rumia ocurrió lo inverso: fue más alto en AC en el acostumbramiento y en SD en el engorde, aunque las diferencias entre tratamientos no fueron significativas ($p > 0,05$) en ninguno de los períodos (Cuadro 4.5.).

Cuadro 4.5. *Tiempo dedicado al consumo y a la rumia en novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o autoconsumo (AC).*

Actividad	Tratamiento	Período	
		Acostumbramiento	Engorde
<u>Consumo alimento</u> (min/día)	SD	281±2,42 a	91±1,59 b
	AC	246±2,3 b	117±1,77 a
<u>Rumia</u> (min/día)	SD	323±2,59	152±2,05
	AC	345±2,71	138±1,93

Letras diferentes manifiestas diferencias significativas en cada columna.

Para el resto de las variables no se detectó interacción, por lo cual se presentan los promedios de los efectos principales en el Cuadro 4.6. En el mismo también se incluyeron los promedios de las dos variables que mostraron interacción.

En las actividades principales (consumo de alimento, rumia y descanso) hubo diferencias entre períodos, siendo en todos los casos más altos los valores en el acostumbramiento, tanto en los min/día como en la frecuencia y duración de cada evento. En el resto de las actividades (consumo de agua y de minerales) no hubo diferencias entre períodos. Entre tratamientos las principales diferencias se dieron en los min/día dedicados al consumo, que fueron mayores en SD, y en la frecuencia de visitas al comedero, las cuales fueron más altas en AC (Cuadro 4.6.). Considerando el promedio de período y tratamiento, los animales emplearon el 14% del tiempo al consumo de alimento, 17% a rumiar, 66% al descanso y el 3% restante al consumo de agua y sales minerales. El tiempo dedicado al consumo y rumia se distribuyó a lo largo del día como lo ilustran las Figuras 4.4. y 4.5. Como se puede observar, no hubo un pico definido de consumo y el mismo se distribuyó de manera relativamente estable en las 24 horas del día, con un promedio de 13,2 y 13,3 minutos/hora para SD y AC, respectivamente (Figura 4.4.). Un patrón similar de comportamiento se observó en el tiempo de rumia, el cual estuvo en el

rango de los 12-14 minutos/hora en ambos tratamientos a lo largo del día, con un promedio de 12,9 y 12,7 min/hora para SD y AC, respectivamente (Figura 4.5.).

Cuadro 4.6. *Comportamiento ingestivo de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o autoconsumo (AC) de alimento en los períodos de acostumbramiento y de engorde.*

	Período				Tratamiento			
	Acost.	Engorde	EEM	P	SD	AC	EEM	p
<u>Consumo de alimento</u>								
Minutos/día	264	104	1,433	<0,001	199	189	1,501	<0,001
Veces al día	12,5	8,6	0,334	<0,001	10,0	11,1	0,340	0,029
Minutos/vez	21,4	12,2	0,554	<0,001	17,6	16	0,554	0,069
<u>Rumia</u>								
Minutos/día	335	145	1,632	<0,001	250	254	1,739	0,070
Veces al día	16,7	11,4	0,366	<0,001	13,7	14,4	0,365	0,200
Minutos/vez	20,1	12,7	0,402	<0,001	16,7	16,1	0,402	0,330
<u>Descanso</u>								
Minutos/día	791	1188	2,857	<0,001	948	959	3,368	0,020
Veces al día	21,6	18,6	0,392	<0,001	19,5	20,6	0,388	0,059
Minutos/vez	36,5	64,55	1,257	<0,001	51,6	49,4	1,257	0,232
<u>Consumo de agua</u>								
Minutos día	18,4	17,8	0,027	0,386	21	16	0,457	<0,001
Veces día	3,1	3,2	0,193	0,840	3,4	2,9	0,194	0,111
Minutos/vez	6,0	5,7	0,185	0,224	6,1	5,6	0,185	0,035
<u>Consumo de minerales</u>								
Minutos día	5	9	0,895	0,316	11	8	1,414	0,096
Veces día	1,2	1,6	0,510	0,674	1,6	1,1	0,452	0,252
Minutos/vez	5,4	6,3	0,751	0,848	6	5,7	0,751	0,848

Acost. = acostumbramiento; *EEM* = error estándar de la media. *p* = *p* valor.

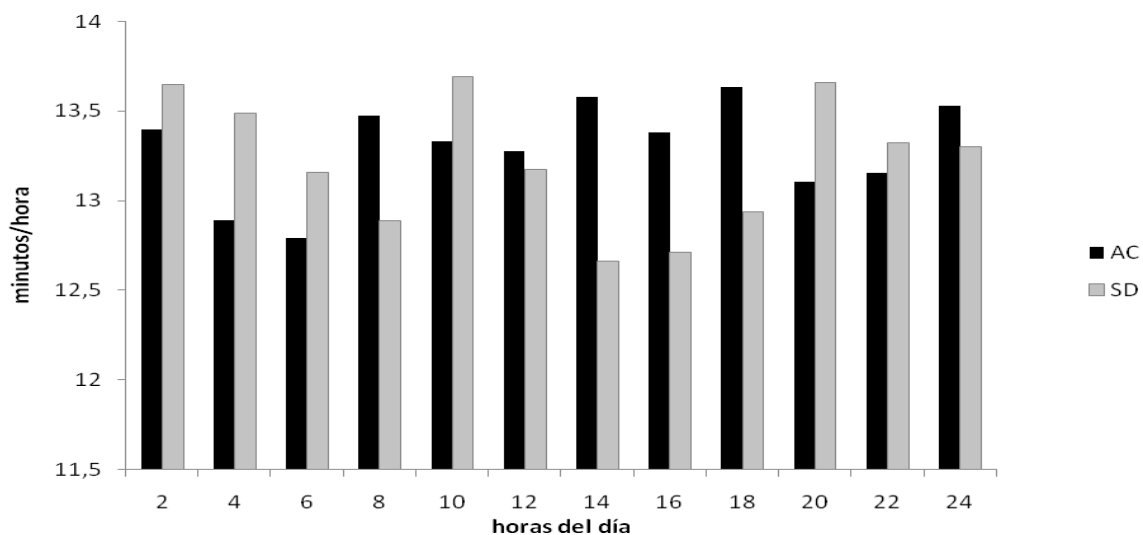


Figura 4.5. Distribución del consumo de alimento a lo largo del día de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o en comederos autoconsumo (AC).

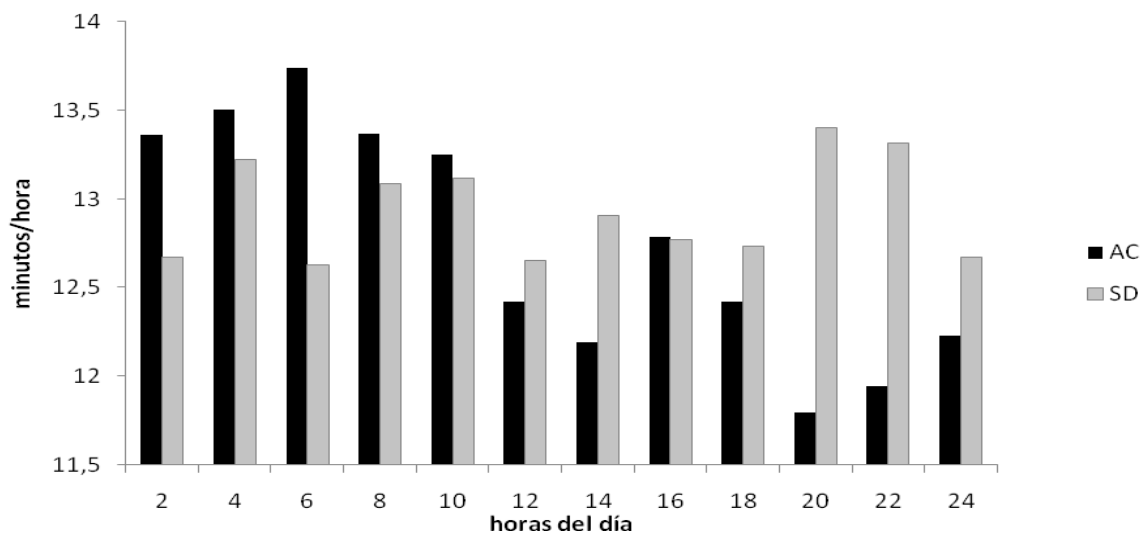


Figura 4.6. Distribución de la rumia a lo largo del día de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o en comederos autoconsumo (AC).

4.7. Utilización del grano de maíz y digestibilidad del almidón

No hubo diferencias entre tratamientos ($p > 0,05$) en el peso de los granos excretados en heces aparentemente enteros, siendo el peso medio de 100 granos de 23,28 y 22,96 g para AC y SD, respectivamente (Figura 4.6.). El peso de los granos recuperados aparentemente enteros en heces fue 20% menor ($p < 0,05$) que el de los granos suministrados en el alimento. En promedio de los dos tratamientos el peso de 100 granos excretados fue 23,11 g y el de la misma cantidad de granos consumidos fue 27,67 g (Figura 4.6.).

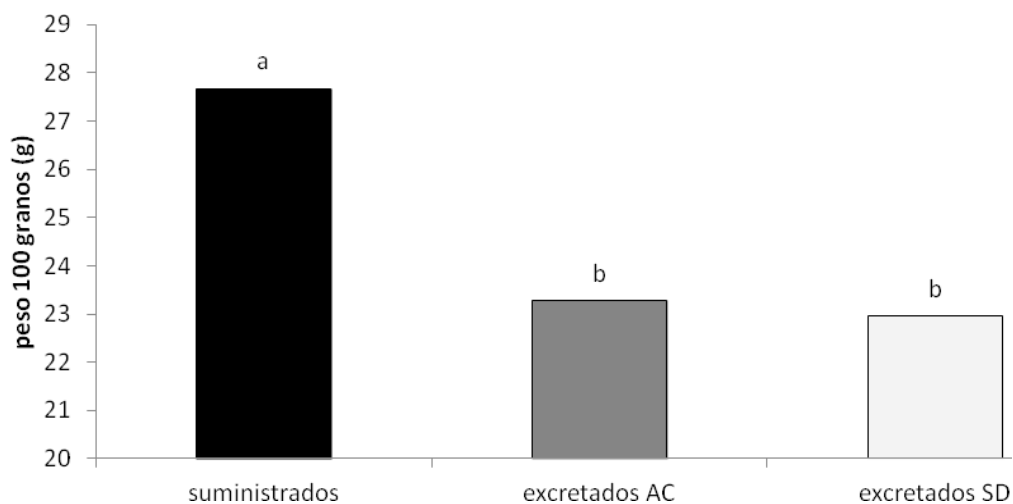


Figura 4.7. Comparación del peso de 100 granos suministrado y de 100 granos excretados aparentemente enteros de novillos alimentados a corral con suministro diario (SD) o en comederos autoconsumo (AC). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos en el contenido de MS de las heces (en promedio 27%), ni en el peso de los granos excretados aparentemente enteros y partidos (fracciones mayores a 4 mm), los que en promedio representaron prácticamente el 20% del peso seco de las mismas. Del total de granos

recuperados en heces, el 41,75% estaban aparentemente enteros, mientras que el restante 58,25% eran fracciones con tamaño de partícula mayor a 4 mm (Cuadro 4.7.).

Cuadro 4.7. Contenido de MS, peso de granos excretados y estado de los mismos en heces de novillos alimentados con suministro diario (SD) o en comederos de autoconsumo (AC) con una dieta de 85% grano de maíz entero y 15% expeller de girasol.

Tratamiento	MS heces (%)	Peso granos en heces (g/100 g MS)	Granos	
			Enteros (%)	Partidos (%)
SD	26,7	18,8	42,0	58,0
AC	27,4	20,7	41,5	58,5
EEM	0,68	1,99	3,32	3,32
p valor	0,19	0,85		

EEM: error estándar de la media

En el Cuadro 4.8. se muestra que no se detectó efecto significativo ($p > 0,05$) del tratamiento en el pH (6,19, en promedio) ni en el contenido de almidón de las heces (19,9 %, en promedio). Tampoco se observó correlación entre ambas variables (correlación = -0,1; $R^2 = 0,02$).

La digestibilidad del almidón fue similar entre tratamientos con las tres ecuaciones predictivas utilizadas, las cuales entre sí tampoco mostraron diferencias significativas, siendo la digestibilidad media de 87,1% (Cuadro 4.9.).

Cuadro 4.8. pH, contenido de almidón y su correlación en heces en novillos alimentados en comederos de autoconsumo (AC) o con suministro diario (SD) con una dieta de 85% grano de maíz entero y 15% expeller de girasol.

Tratamiento	pH	Almidón (%)
AC	6,21	21,0
SD	6,18	18,7
EEM	0,083	2,150
p valor	0,282	0,334

EEM: error estándar de la media

Cuadro 4.9. Digestibilidad del almidón con diferentes ecuaciones predictivas en novillos alimentados en comederos de autoconsumo (AC) o con suministro diario (SD) con una dieta de 85% grano de maíz entero y 15% expeller de girasol.

Tratamiento	Digestibilidad del almidón (g/100 g)			Promedio
	Ecuación 1 (Zinn <i>et al.</i> , 2002)	Ecuación 2 (Corona <i>et al.</i> , 2005)	Ecuación 3 (Zinn <i>et al.</i> , 2007)	
AC	86,8	87,3	84,7	86,3
SD	88,4	89,0	86,3	87,9
EEM	1,40	1,55	2,00	--
p valor	0,44	0,44	0,44	

EEM: error estándar de la media.

La clasificación de las heces de acuerdo a su aspecto (lectura de heces) se muestra en la Figura 4.7. Como se observa, en ambos tratamientos hubo una tendencia cuadrática a lo largo del tiempo hacia los valores más altos de la escala con una caída al final del ensayo, que estuvo descrita por las siguientes ecuaciones de regresión:

$$\text{AC: } y = 0,0006x^2 - 51,1902x - 1.076.815,8169$$

$$SD: y = 0,0006x^2 - 52,1472x - 1.097.158,3589$$

Donde y= valor de la escala (Barra, 2005) y x= tiempo.

Considerando la totalidad del ensayo, el valor promedio de valoración fue mayor en AC ($2,59 \pm 1,01$) que en SD ($2,27 \pm 1,31$), con diferencia significativa ($p=0,02$).

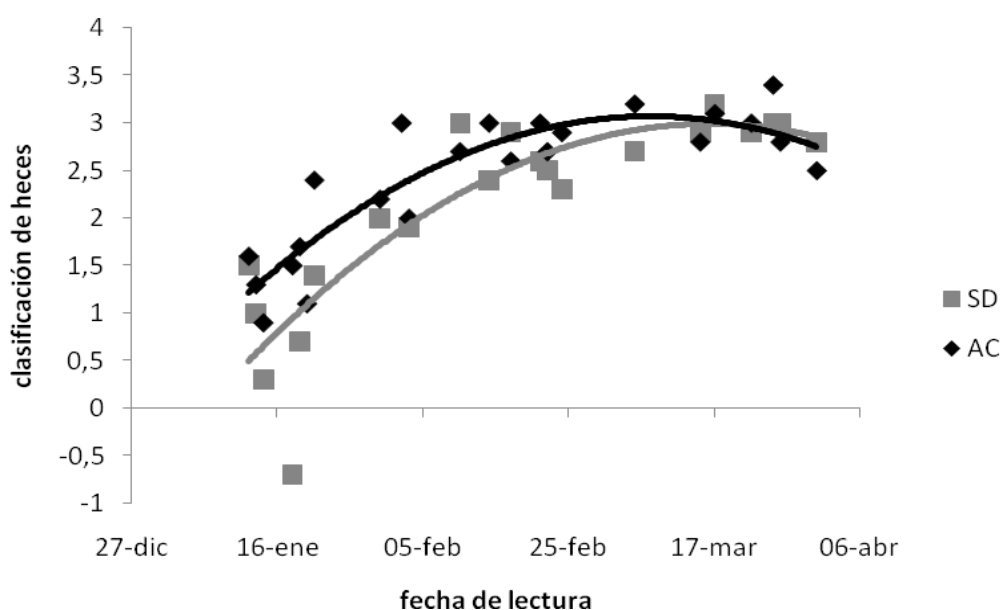


Figura 4.8. Clasificación de las heces según la escala de Barra (2005) en novillos alimentados en comederos de autoconsumo (AC) o con suministro diario (SD) con una dieta de 85% grano de maíz entero y 15% expeller de girasol.

4.8. Eficiencia energética

No hubo diferencias entre tratamientos en ninguna de las variables relacionadas al gasto energético estimado de los animales (Cuadro 4.10.). La demanda total de energía durante el período de engorde fue en promedio de 1297,5 Mcal EM. El 45,5% de la misma fue para cubrir el costo de mantenimiento (577,5 Mcal EM) y el 54,5% restante para el ADPV (720,5 Mcal EM). El consumo de alimento, estimado a partir de los cálculos de requerimientos, fue de 450 kg MS/animal para todo el período de engorde, por lo cual la

ECA habría sido en promedio de 155 kg PV/tn MS. Cada kg de ADPV tuvo un costo promedio de 18,65 Mcal EM, y cada mm de EGD requirió 397,5 Mcal EM.

Cuadro 4.10. *Demanda energética, consumo de materia seca (CMS), eficiencia de conversión alimenticia (ECA), eficiencia energética (EE) y demanda de EM/mm grasa dorsal en novillos alimentados en comederos de autoconsumo (AC) o con suministro diario (SD) con una dieta de 85% grano de maíz entero y 15% expeller de girasol.*

Trat.	Mcal EM			CMS (kg)	ECA (kg PV/tn MS)	EE (Mcal EM/kg)	Mcal EM/mm EGD
	Mant.	ADPV	Total				
AC	578	719	1296	450	154	18,8	381
SD	577	722	1299	451	156	18,5	414
EEM	9,6	39,1	46,7	16,2	0,1	0,32	35,4
p valor	0,992	0,959	0,968	0,972	0,698	0,687	0,517

Trat.= tratamiento; Mant= mantenimiento. EEM= error estándar de la media.

4.9. Análisis económico

El alimento representó el 94% y 90% del costo directo en AC y SD, respectivamente. En AC hubo mayor costo por animal en alimento (9,6% más, relacionado al mayor consumo de materia seca), pero tendió a compensarlo con menor costo de mano de obra (65% menos) y de combustible (70% menos).

No se encontró interacción ($p > 0,05$) entre tratamientos y períodos de engorde en las variables económicas analizadas, por lo que las medias de los efectos principales se muestran en el Cuadro 4.11. Entre tratamientos no hubo diferencias en las variables medidas, siendo los promedios de 9889, 9852 y 37 \$/animal para Ingreso Bruto (IB), Costo Directo (CD) y Margen bruto (MB), respectivamente.

Entre períodos hubo diferencias ($p < 0,05$) en el IB y CD, los cuales fueron más altos en el período total (68 días) que en la primera parte del engorde (0-42 días) (Cuadro 4.11.).

Cuadro 4.11. Ingreso bruto (IB), costo directo (CD), margen bruto (MB) y retorno por peso gastado (R.P.G.) de novillos a corral con suministro diario (SD) o con comederos de autoconsumo (AC) para enero del año 2016.

	Tratamiento (T)		Período (P)		EEM	p valor		
	SD	AC	0-42	0-68		T	P	T x P
IB	9868	9910	9605	10172	158	0,868	0,022	0,792
\$/animal	±1119	±1097	±1047	±1092				
CD	9823	9882	9615	10089	147	0,802	0,049	0,987
\$/animal	±1042	±1017	±989	±1013				
MB	45	29	-10	83	37,76	0,808	0,196	0,350
\$/animal	±240	±286	±242	±278				
R.P.G.	0,95	0,95	0,95	0,96	0,003	0,722	0,218	0,288
\$\$	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02				

EEM: error estándar de la media.

5. DISCUSIÓN

El comedero de autoconsumo actualmente es muy utilizado en el país, particularmente en la provincia de Buenos Aires, y requiere para su correcto uso que la dieta sea seca y sencilla en cuanto a la cantidad de ingredientes, debido a la poca infraestructura y mano de obra presente en los establecimientos ganaderos de la región. Por este motivo en la formulación del alimento se utilizaron solamente dos componentes, grano de maíz entero y expeller de girasol como fuente energética y proteica, respectivamente. En una dieta de estas características siempre está latente el riesgo de que se produzca acidosis si no se realiza un correcto manejo del alimento. Por este motivo es crucial el acostumbramiento de los animales a la dieta, siendo este aspecto considerado particularmente en el presente ensayo.

Es también importante estudiar, además de las variables clásicas que se evalúan en el engorde a corral como el aumento diario de peso vivo, el consumo y la eficiencia de conversión alimenticia, otras como el nivel de terminación de los animales, el comportamiento ingestivo, la utilización de los granos y la eficiencia energética, las cuales pueden resultar útiles para explicar los resultados productivos.

Finalmente, el aspecto económico es necesario abordarlo teniendo en cuenta el contexto productivo en el cual se ha difundido el uso del autoconsumo.

5.1. Caracterización de la dieta

En el comedero tolva de autoconsumo el alimento se suministra para varios días, los cuales pueden ir desde una semana hasta más de un mes. Por este motivo es imprescindible que la dieta sea seca y que esté constituida por pocos ingredientes. Lo primero es necesario para evitar aglomeraciones en la tolva que dificulten el fluir del alimento hacia las bocas del comedero, y para evitar también la fermentación del alimento y el desarrollo de hongos (Maresca *et al.*, 2015; Vittone *et al.*, 2015). La sencillez en la formulación tiene como finalidad lograr que la composición de la dieta que los animales consumen en el transcurrir de los días sea lo más homogénea posible. Una formulación

con muchos ingredientes, además de quitarle simplicidad al sistema, lo cual es un objetivo en el uso de esta tecnología, puede generar consumos desparejos por diferencias en el peso específico y/o granulometría entre los ingredientes. Esto podría producir que los componentes de la dieta decanten en forma diferencial hacia las bocas del comedero, lo que podría acarrear trastornos digestivos y disminución de la eficiencia de conversión (Maresca *et al.*, 2015).

Por los motivos señalados, la dieta en el presente trabajo se formuló con sólo dos ingredientes: 85% de grano entero de maíz y 15% de expeller de girasol, siendo su concentración energética de 2,88 Mcal EM/kg MS. El principal aporte energético estuvo dado por el grano de maíz, el que habría sido de 2,95 Mcal EM/kg MS (Cuadro 4.1.). Owens *et al.* (1997) calcularon a partir de la información obtenida en 605 corrales de engorde en los Estados Unidos, en donde se alimentaron más de 22.000 animales con dietas conteniendo entre 56 y 100% de granos, que el grano de maíz entero posee una energía de 3,56 Mcal EM/kg MS. Ese valor fue 20% superior a la concentración energética del maíz utilizado en el presente ensayo, estimada a partir de la digestibilidad *in vitro*. Con respecto a esto, el laboratorio de evaluación de alimentos para rumiantes de INTA Balcarce indica que existe variabilidad en la calidad de los granos de maíz enteros que le son remitidos, con un valor mínimo de 2,7 a un máximo de 3,4 Mcal EM/kg MS y una concentración energética promedio de 3,25 Mcal EM/kg MS (Guaita y Fernández, 2005). De esta información se infiere que el grano utilizado en el ensayo estuvo en el rango esperable de calidad. Un menor valor energético en los granos se podría atribuir a un contenido de almidón más bajo por un tamaño menor del grano, o por un acondicionamiento y/o almacenamiento post-cosecha de los mismos no óptimos (García-Lara y Bergvinson, 2007). Otro aspecto a considerar es que en el presente trabajo la energía del grano se estima a partir de su digestibilidad *in vitro*, utilizando un procedimiento inicialmente propuesto para evaluar alimentos fibrosos (Tilley y Terry, 1963) y en la revisión de Owens *et al.* (1997) se estimó a partir del ADPV y el CMS. También tener en cuenta que en esta tesis no se evaluó distintos tipos de granos y el utilizado fue a granel y de diferentes partidas sin tener en cuenta el tipo, no obstante el mismo era mayoritariamente dent o semident (lo que se encuentra en el mercado), porque el flint se hace principalmente en la región centro del país para industria (polenta).

El nivel de PB de la dieta fue de 12,4% (Cuadro 4.1.), el que estuvo dentro del rango de valores sugeridos para animales en terminación (Pordomingo, 2013). El contenido de PB del expeller de girasol (33,5%) fue el esperado para este alimento (Guaita y Fernández, 2005; Pordomingo, 2013).

En el período de acostumbramiento se utilizó heno de agropiro, el cual tuvo valores de calidad típicos para este tipo de alimento (Ricci *et al.*, 2009). Su inclusión en la dieta estuvo dada por el alto contenido de FDN, el que prácticamente alcanzó 70% (Cuadro 4.1.), y por el aporte de fibra larga. En ambos tratamientos se lo suministró picado a un tamaño mínimo de partícula de 2-3 cm, para lograr el efecto de fibra efectiva buscado (Heinrichs y Kononoff, 2002). En la fase de engorde no se lo utilizó en base a los antecedentes que indican que es posible suministrar dietas sin fibra larga a los animales sin afectar la producción y sin que se manifiesten trastornos digestivos. Por ejemplo, Pordomingo *et al.* (2002) compararon tres dietas, una conteniendo fibra formulada con 72% de grano de maíz entero, 14% harina de girasol y 10,2% de heno de alfalfa picado; y las otras dos sin fibra, una con 74% de maíz entero y 23% harina de girasol, y la restante reemplazando la quinta parte del maíz por grano de avena entera. Estos autores utilizaron dos categorías de animales, novillitos (155 kg) y novillos (269 kg), y no hallaron ni interacciones ni diferencias en la ganancia de peso, consumo y eficiencia de conversión atribuibles al tratamiento.

El hecho de poder prescindir de la fibra en la dieta de los vacunos sin riesgos de producir timpanismos u acidosis luego de que los animales han sido acostumbrados, estaría explicado porque el grano de maíz entero se degrada en el rumen más lentamente que el procesado (McNeill *et al.*, 1976; Galyean *et al.*, 1979a; Theurer, 1986; Huck *et al.*, 1998). Al ser masticado, aumenta la producción de saliva, amortiguando el descenso de pH ruminal (Britton y Stock, 1986; Beauchemin *et al.*, 1994; Stock *et al.*, 1995). Otro aspecto a destacar es que en el autoconsumo la oferta constante de alimento en los comederos reduce la competencia y aumenta el número de ingestas diarias, por lo cual el aporte de grano al rumen es gradual durante el día (Beretta y Simeone, 2013; Vittone *et al.*, 2015).

5.2. Período de acostumbramiento

En dietas de engorde, altamente energéticas sin aporte de fibra como las utilizadas en el presente trabajo, es fundamental el acostumbramiento de los animales para evitar la aparición de trastornos digestivos como la acidosis (Fulton *et al.*, 1979; Britton y Stock, 1986; Owens *et al.*, 1998; Krause y Oetzel, 2006). Para este fin, cuando se utilizan comederos de autoconsumo, se recomienda realizar el acostumbramiento utilizando comederos convencionales, dado que permiten controlar la cantidad y/o la composición del alimento suministrado (Maresca *et al.*, 2015). Cuando ello no es posible, es imprescindible utilizar limitadores del consumo, siendo los más habituales el uso de sales (NaCl o MgCl₂) o de manipuladores de la fermentación ruminal como la monensina (Rich *et al.*, 1976; Kucseva *et al.*, 2003).

En el presente ensayo se hizo el acostumbramiento en el propio comedero de autoconsumo para evaluar su uso en las condiciones reales que se dan en los sistemas de producción pampeanos, donde la mano de obra es un insumo limitado. Para lo cual se utilizó sal común (NaCl) mezclada con el concentrado, y heno de agropiro suministrado aparte durante 16 días, modificando cada cuatro días el nivel de sal y manteniendo la oferta de heno *ad libitum* (Cuadro 3.2.). El nivel inicial de sal (12%) se estableció en función de los consumos recomendados para el ganado vacuno (Rich *et al.*, 1976). Los antecedentes del uso de sal como limitador del consumo en general se refieren a animales en pastoreo, y muestran que los resultados suelen ser erráticos (Chicco *et al.*, 1971; Rich *et al.*, 1976; Rovira y Velazco, 2012). Además, hay un acostumbramiento de los animales a la sal, por lo cual para tener efecto en el tiempo se debe aumentar la dosis, en algunos casos hasta el 60% del suplemento (Berger y Rasby, 2012). También hay que considerar que los parámetros productivos (digestibilidad de la MS, ADPV y eficiencia de conversión) a largo plazo pueden verse disminuidos según Moseley y Jones (1974) o por el contrario según Riggs *et al.* (1953) pueden no verse afectados o hasta manifestar mejoras.

En la Figura 5.1. se muestra la relación entre el consumo de MS y el contenido de sal en la dieta. Dicha figura está elaborada en base a datos propios y de la bibliografía (Riggs *et al.*, 1953; Rovira y Velazco 2012; Beretta y Simeone, 2013).

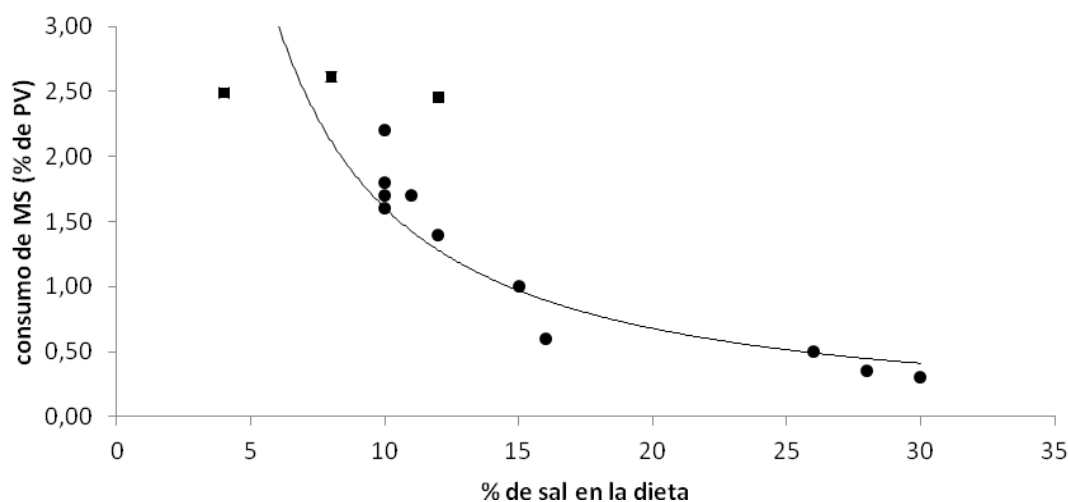


Figura 5.1. Relación entre el consumo de MS y el contenido de sal en la dieta en bovinos en pastoreo (●) o a corral (x).

En SD el acostumbramiento se hizo únicamente con heno de agropiro, variando la relación concentrado:heno cada cuatro días (Cuadro 3.1.). En este tratamiento el consumo de MS en los primeros cuatro días de acostumbramiento fue más bajo, posiblemente por la limitante generada por una dieta con alto contenido de fibra. En los restantes tres períodos el consumo total fue similar, observándose una mayor participación relativa del maíz en la medida que se reducía el heno en la dieta (Figura 4.1.). En cambio, en el tratamiento AC el consumo total de MS, y el del grano de maíz, mostraron escasa variación entre los cuatro períodos de acostumbramiento (Figura 4.2.), lo cual sugiere que la sal no habría actuado como limitante. Sin embargo, esta falta aparente de respuesta no habría manifestado trastornos en el animal ya que, si bien los valores de lectura de heces (Figura 4.8.) fueron ligeramente más altos que en SD, no estuvieron en los rangos 3 y 4 que indican acidosis (Barra 2005).

La falta de respuesta observada con el uso de sal para limitar el consumo en este trabajo sugiere la necesidad de realizar más estudios con dietas de características similares a la utilizada, evaluando por ejemplo otros niveles de inclusión.

El consumo de heno en el AC fue irregular durante el acostumbramiento y posiblemente sea consecuencia de la inestabilidad ruminal generada por la dieta. Una vez iniciado el período de engorde se mantuvo el suministro como medida precautoria, restringiendo su presencia en el corral a 6 horas/día en los primeros cuatro días, y a 3 horas/día en los cuatro subsiguientes. Cuando ello ocurrió la variabilidad en el consumo de heno se redujo notablemente (Figura 4.3.).

En este trabajo se descartó utilizar monensina como ionóforo debido a la discrepancia que existe en cuanto a su uso en rumiantes en distintos países.

5.3. Eficiencia productiva

En el engorde de novillos el ADPV, el consumo de alimento, la ECA y el rendimiento de res son las principales variables que definen la eficiencia productiva. Considerando todo el período de engorde de 68 días, el ADPV fue de prácticamente 1 kg/día en ambos tratamientos (Cuadro 4.2.). Como los animales utilizados en la experiencia eran de bajo frame, aproximadamente 2 según la escala de la Beef Improvement Federation (BIF, 1986), y su peso de inicio fue alto (318 kg de PV promedio), se analizó el período de engorde dividido en dos etapas, teniendo en cuenta la posibilidad de que los animales alcanzaran el nivel de terminación (6 mm de EGD) antes de lo previsto. La primera de las etapas fue de 42 días y la restante de 26 días, estando determinada su duración en función de la coincidencia entre las fechas de pesada con las de determinación del EGD. La bibliografía señala que en biotipos de bajo frame la tasa máxima de ADPV es de aproximadamente 1,2 kg/día (Bailey y Lawson, 1989). Lo que sugiere que el ADPV logrado en la primera etapa, donde llegó prácticamente a 1,150 kg/día en promedio de ambos tratamientos, fue muy similar a lo citado. Pero en la segunda etapa, el ADPV estuvo por debajo de lo esperado (0,820 kg/día) (Cuadro 4.2.), esto puede deberse a la composición del ADPV que al inicio del engorde (sin tener en cuenta el acostumbramiento) está conformado mayoritariamente por tejido muscular, el cual es más eficiente para convertir los alimentos en tejido en comparación al tejido adiposo, el cual aumenta su proporción al final del engorde (Di Marco, 1998). Otro factor a tener en cuenta es el grado de acidosis subclínica presente en los animales, determinada

por análisis cualitativo de las heces (Figura 4.8.), el cual puede afectar la eficiencia de conversión, lo que deriva en menores ADPV a igual CMS (Owens *et al.*, 1998).

El grado de terminación es un componente importante de calidad de la carcasa y se relaciona con el valor comercial de la hacienda. Un cierto nivel de engrasamiento es necesario para lograr la aceptabilidad del producto por parte de los consumidores, ya que influye en la conservación en frío, el sabor de la carne, la coloración y su reacción ante la cocción (Purchas y Morris, 2002). Para evaluar el grado de cobertura de tejido adiposo en el animal vivo se utiliza la ultrasonografía, la cual tiene alta correlación con el nivel de grasa que se mide en la carcasa pos faena (Parret *et al.*, 1985; Houghton y Turlington, 1992). A su vez, el nivel de grasa subcutánea es un buen predictor del nivel de grasa intramuscular (Fiems, *et al.*, 2000; Wertz *et al.*, 2001), el contenido total de grasa de la carcasa (Fiems, *et al.*, 2000) y, también, tiene alta correlación con el rendimiento de res (Owens *et al.*, 1995). En el presente trabajo la tasa de aumento del EGD (TEGD) no tuvo diferencias significativas entre tratamientos, esto puede deberse a que el tipo de dieta fue el mismo para ambos y el nivel de ADPV también fue similar. Pero si consideramos las etapas de engorde, la TEGD fue mayor en la primera (en promedio 2,13 mm/mes) que en la segunda (en promedio 0,83 mm/mes), siendo la tasa promedio de engrasamiento de todo el período de 1,68 mm/mes (Cuadro 4.3.).

Al día 42 el EGD era de prácticamente 8 mm en SD y de 8,9 mm en AC, lo cual supone que los animales habían alcanzado el estado de gordura suficiente para su comercialización. Sólo 3 de los 24 animales del ensayo tenían al día 42 un EGD inferior a 6 mm. Cabe consignar que niveles de EGD de 8-10 mm definen en el estado de terminación (Di Marco, 1998), y que una cobertura de grasa en la res de 6-8 mm es suficiente para asegurar una adecuada disminución de la temperatura de las carcasas post-faena que no afecte la terneza de la carne (Savell *et al.*, 2005).

Es sabido que al aumentar el peso vivo de los animales, mayor es la energía consumida que se retiene en forma de grasa, por lo que la ganancia diaria de peso disminuye (NRC, 2000; Jurie *et al.*, 2005). Si bien la duración de la segunda etapa del engorde fue de sólo 26 días, el menor incremento en el EGD estaría sugiriendo un aumento en otros depósitos de grasa del animal como lo es el de grasa intramuscular,

que se desarrolla al final del proceso de engorde (Di Marco, 1998; Wood *et al.*, 2008), probablemente ésta tendencia hubiese sido más manifiesta si el período era más largo.

La similitud en la eficiencia productiva entre los tratamientos SD y AC coincide con lo observado por Simeone *et al.* (2007). El ADPV obtenido en el ensayo (en promedio 1,050 kg/día, Cuadro 4.2.) fue inferior al mencionado en la bibliografía para dietas basadas en la utilización de grano de maíz entero, las que pueden llegar hasta 1,6 kg/día (Owens *et al.*, 1997; Pordomingo, 2013). El ADPV obtenido en el ensayo, inferior al de experiencias de otros autores, podría ser consecuencia, en principio, de cuatro factores principales, los cuales no son auto-excluyentes: el frame de los animales y la menor densidad energética de la dieta, mencionados anteriormente, y la falta de monensina y/o la falta de fibra en la misma. La monensina en general reduce el consumo de MS (Odriozola, 2004), mejora la eficiencia de conversión (Potter *et al.*, 1976) y afecta el ADPV (Duffield *et al.*, 2012). Con respecto a la falta de inclusión de oferente fibroso podría haber generado un cuadro de acidosis sub-clínica debido a que la salivación, consecuencia de una baja rumia, habría sido escasa. Es conocido el efecto de la saliva en la regulación del pH ruminal (Kaufmann y Saelzer, 1976).

El consumo de MS fue mayor en AC que en SD (7,91 y 7,21 kg MS/animal/día, respectivamente; Cuadro 4.4.). Como el ADPV fue similar entre tratamientos, al igual que la utilización de los granos y la digestibilidad del almidón, como se discute más adelante, es probable que esta diferencia pueda deberse a diversas causas. Una de ellas podría ser una mayor pérdida de alimento en el AC, es decir que no sean diferencias reales de consumo. No hay estudios que muestren la magnitud de la pérdida de alimento en los comederos de autoconsumo, por lo cual este aspecto debería ser investigado a futuro. Otra causa estaría relacionada con la observación de que el consumo semanal en AC fue irregular (Figura 4.4.), mostrando el llamado “efecto serrucho”, el cual ha sido analizado desde la perspectiva de la acidosis (Owens *et al.*, 1998). Esto es, luego de un pico de consumo se produce en los animales una situación de malestar que provoca su descenso, lo cual conduce tiempo después a una situación de hambre que lleva a consumir más, repitiéndose este cuadro en el tiempo.

El consumo medido fue similar a lo observado por Peralta y Santini (2004) e inferior al informado por otros autores para novillos alimentados con dietas con alto contenido de grano de maíz entero. Por ejemplo, Owens *et al.* (1997) y Pordomingo

(2013) informan consumos de MS 13 y 30% mayores, respectivamente, que los obtenidos en el presente ensayo. Esto podría estar relacionado con la falta de fibra en la dieta y el posible cuadro de acidosis sub-clínica en el que se habrían encontrado los animales, lo cual afecta negativamente el consumo (Fulton *et al.*, 1979; Krause y Oetzel, 2006). Sin embargo, no habría que descartar la posibilidad de que los animales hayan alcanzado la saciedad energética, es decir que su consumo haya estado regulado por factores de naturaleza química o metabólica. Las características de la dieta, de alta concentración energética, y el bajo frame de los animales del ensayo, estarían avalando esta aseveración (Forbes, 2003).

La ECA calculada para el presente ensayo fue más baja que la mencionada en la bibliografía para animales en feedlot. Expresada como índice de conversión alimenticia, no se diferenció entre tratamientos y fue en promedio de 7,24:1 (kg MS: kg ADPV). Eficiencias en el rango de 5,95:1 hasta 6,62:1 fueron informadas por diversos autores (Owens *et al.*, 1997; Pordomingo *et al.*, 2002; Depetris, 2004). Esta diferencia en la ECA con otros autores puede deberse a que en este trabajo no se utilizaron ionóforos, anabólicos, ni fibra y a que la incorporación de granos fue alta, lo que generó cuadros de acidosis subclínica atribuida a la alta tasa de producción de AGV (Fulton *et al.*, 1979) y en el caso de AC, el CMS fue *ad libitum*, con lo cual no se logran los mayores índices de ECA (Pritchard y Bruns, 2003).

5.4. Comportamiento ingestivo

Durante el período de acostumbramiento se registró un mayor tiempo dedicado al consumo y a la rumia, 2,5 veces más alto que durante la fase de engorde. El número de veces al día que los animales realizaron estas actividades, como así también la duración de cada evento, fueron también más altas (Cuadros 4.5. y 4.6.). Este resultado podría relacionarse con las características de la dieta, ya que en el acostumbramiento incluía fibra. Al reducirse la densidad energética de la dieta se incrementan los tiempos de consumo y rumia, como lo señala Machado Santana (2014). La única diferencia entre tratamientos se halló en el tiempo de consumo: en el acostumbramiento fue mayor en SD ya que, como lo indican las Figuras 4.1. y 4.2., los animales consumieron más heno. En cambio, en la etapa de engorde fue mayor en AC, posiblemente debido a que el alimento

estuvo disponible las 24 horas del día. El número de comidas diarias en este ensayo (8,6 comidas/día) fue similar a los informados por Rotger *et al.* (2006), Robles *et al.* (2007) y Cardillo (2011), de 9,1; 9,5 y 9,9 comidas/día, respectivamente.

El tiempo dedicado al consumo de alimento representó el 14% de la duración del día. Si bien son escasos los trabajos sobre la etología de los animales en confinamiento, en relación a los trabajos con animales en pastoreo, hay coincidencia respecto a que el comportamiento ingestivo es totalmente diferente. El tiempo dedicado al consumo en animales en pastoreo puede representar desde un tercio a más de la mitad de las horas del día, según la disponibilidad de forraje (Aello y Gómez, 1984). En cambio, en animales en corral con dietas ricas en granos, el tiempo informado está en el rango de 7-37% de las horas del día (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2002; Erickson *et al.*, 2003). Otra diferencia a destacar es que en pastoreo existe una marcada diferencia horaria en los momentos de consumo y rumia, lo cual no se observó en el presente ensayo (Figuras 4.5. y 4.6.).

5.5. Utilización del grano de maíz

No hubo efecto de los tratamientos en la utilización de los granos. El 20% del peso seco de las heces correspondió a los granos excretados (Cuadro 4.7.). Este valor fue inferior al informado por Pordomingo *et al.* (2002), quienes encuentran con dietas similares a la utilizada en este ensayo valores del 32%. Del total de granos excretados, aproximadamente el 42% se hallaba aparentemente entero (Cuadro 4.7.). En este trabajo se consideró como tal a aquel que visualmente no mostraba daños en el pericarpio. Sin embargo, el peso de los granos excretados fue 20% más bajo que el de los consumidos (Figura 4.7.), lo cual indicaría que esos granos fueron parcialmente utilizados. Si bien en este ensayo no se determinó la composición de los granos excretados, se puede hipotetizar que los mismos habrían tenido menos almidón, lo cual llevaría a pensar en la existencia de pequeñas fisuras, no detectables a simple vista, por las cuales habrían penetrado los microorganismos ruminales y/o las enzimas digestivas. Sin embargo, Pordomingo *et al.* (2002) no hallaron diferencias en el contenido de almidón entre los granos consumidos y los excretados, por lo cual otra podría ser la explicación del menor peso de estos. Maresca (2004) encontró que los granos de menor tamaño fueron excretados en heces en mayor proporción que los de tamaño más grande, existiendo un

efecto significativo del peso del animal, es decir que el efecto fue más marcado en los animales de mayor peso. Los granos más grandes serían más susceptibles a la rotura durante la masticación y la rumia o, dicho en otros términos, los de menor tamaño tienen más chance de atravesar el orificio retículo-omasal intactos.

Diferencias en el peso de los granos excretados *versus* los consumidos también fueron halladas en otros trabajos y con diferentes granos. Por ejemplo, Maresca (2004) informó una diferencia promedio de 28,6% para granos de maíz enteros suministrados en dietas con dos niveles de asignación de forraje. En vacas de cría alimentadas con sorgo diferido, Aello *et al.* (2013) encontraron diferencias del 30%.

El 58% de los granos excretados, retenidos en un tamiz de 4 mm, estaban partidos (Cuadro 4.7.). En este trabajo se utilizó un tamiz de esa medida en base a los resultados obtenidos por Maresca (2004), quien estudió el estado de los granos que aparecen en las heces con tamices de 2,25; 3,25, 5,00 y 6,00 mm. Este autor encontró que en novillos de edad similar a los del presente ensayo, el 86% de los granos de maíz excretados quedaron retenidos en los tamices de 5 y 6 mm.

Maresca (2004) estudió la utilización de los granos enteros de maíz en novillos de distinta edad, desde 13 hasta 20,5 meses, en dietas formuladas con bajo (10%) y alto (68%) nivel de forraje. Las dos variables mencionadas (edad de los animales y nivel de forraje) tuvieron un efecto significativo tanto en la masticación ingestiva como en la rumia de los granos: ambas fueron mayores en los animales más jóvenes y cuando la dieta contuvo más cantidad de forraje. Es probable que en una dieta sin forraje, como la utilizada en este ensayo, la ruptura de los granos por masticación y rumia haya sido menor aún que la esperable cuando la dieta contiene fibra. De ser esto así, podría pensarse en una menor utilización del grano de maíz entero cuando se ofrece en dietas con nulo aporte de fibra efectiva, lo cual también podría relacionarse con la relativamente baja ECA obtenida en el presente ensayo. No se observó diferencias en la ECA en este ensayo debido a que la oferta de MS fue levemente restringida en SD lo que genera mayor ECA por no llegar al CMS máximo, pero al no tener disponibilidad constante de alimento el animal consume con rapidez lo cual genera menor masticación y por lo tanto menor aprovechamiento de los granos.

El contenido de almidón en heces no se diferenció entre tratamientos (Cuadro 4.8.) y fue de 20%, similar al valor hallado por Secrist *et al.* (1996b). Maresca (2004) encontró un efecto significativo de la edad del animal y del nivel de forraje en la dieta: hubo más almidón fecal en los animales más grandes y cuando el nivel de forraje fue bajo. En función al contenido de almidón fecal, se estimó su digestibilidad utilizando tres diferentes ecuaciones predictivas desarrolladas para animales de feedlot. Dos de ellas fueron lineales (Zinn *et al.*, 2002; Corona *et al.*, 2005) y la restante cuadrática (Zinn *et al.*, 2007), todas ellas con un elevado R^2 . Los valores obtenidos no se diferenciaron entre tratamientos ni entre ecuaciones predictivas y, en promedio, dieron que la digestibilidad del almidón fue de 87% (Cuadro 4.9.). Este alto valor también fue similar a las determinaciones de digestibilidad *in vivo* realizadas en diversos trabajos. Por ejemplo, Maresca (2004) obtuvo en dietas conteniendo 10% de forraje valores de 79 a 91% para animales de 20 y 13 meses de edad, respectivamente. Por su parte, Pordomingo *et al.* (2002) informan un valor de 88,4% para una dieta similar a la de este ensayo, y Gorocica-Buenfil y Loerch (2005) obtuvieron valores por encima del 90% para diferentes dietas.

El pH promedio en heces en este trabajo fue de 6,2 (Cuadro 4.8.), y estuvo dentro del rango de valores informados para dietas con alto contenido de grano de maíz entero (Pordomingo *et al.*, 2002; Maresca, 2004; Gorocica-Buenfil y Loerch, 2005). La correlación entre el contenido de almidón de las heces y el pH fecal es dispar. En este ensayo no se encontró correlación, al igual que lo informado por Maresca (2004). En cambio, otros autores encontraron correlaciones moderadas (Galyean *et al.*, 1979b); Russell *et al.*, 1981; Lee, 1982; Turgeon *et al.*, 1983) o altas (Wheler y Noller, 1977), las cuales se dan cuando en la dieta se utilizan granos procesados.

La clasificación de las heces de acuerdo a su aspecto (lectura de heces), aunque es una apreciación subjetiva, es útil para evaluar el funcionamiento digestivo de los animales. Los valores hallados en AC fueron mayores que en SD (2,43 y 2,11, respectivamente), existiendo una tendencia lineal con el tiempo hacia los valores más altos de la escala (entre 3 y 4), los cuales indican acidosis (Figura 4.8). Estos valores de clasificación de las heces por su aspecto no se correlacionaron con el consumo de MS ni con el ADPV ($R^2 < 0,05$) de los animales.

5.6. Eficiencia energética

La eficiencia energética es una medida que indica la cantidad de EM que se requiere por cada kg de GPV obtenido. Para calcularla se deben estimar los requerimientos energéticos de los animales, para lo cual es necesario adoptar un modelo para los cálculos, y asumir diversos supuestos. Para este trabajo se utilizó el sistema NRC (2000), el cual para calcular el costo de mantenimiento utiliza la tasa metabólica de producción de calor en ayuno de 77 kcal/kg PVC. Para determinar el peso vacío (PVC) se utilizó una ecuación (Di Marco, 1998) según la cual el llenado gastro-intestinal de los animales fue de aproximadamente 7%. Este valor posiblemente haya subestimado el llenado total de un animal de feedlot, el cual se calcula en alrededor del 12% (Williams et al., 1992). En este trabajo el metabolismo de ayuno se ajustó por el efecto de clima, pero no por la condición corporal del animal (NRC, 2000), ya que no se disponía de esa información. Debido a ello, probablemente el costo de mantenimiento haya sido subestimado, ya que es de esperar que animales ganando a tasas de 1 kg/día, con elevado nivel de grasa corporal, hayan tenido un valor de condición corporal alto. El NRC (2000) calcula que por cada unidad de aumento en esta variable por encima del valor 5 (escala 1-9), la tasa metabólica se incrementa 5%. Otro supuesto importante para los cálculos fue el asumir aditividad en los componentes de la dieta para calcular la digestibilidad, o asumir que la digestibilidad real de la dieta (*in vivo*) fue la estimada con las técnicas *in vitro*.

La forma de suministro del alimento no afectó los costos energéticos estimados de mantenimiento y ADPV (Cuadro 4.10.). Según los cálculos realizados, cerca de la mitad (45,5%) de la EM demandada para todo el período de engorde (1297,5 Mcal EM/animal) fue para cubrir el costo de mantenimiento, por lo cual la mitad restante (54,5%) se habría destinado al ADPV. De acuerdo a los requerimientos, el consumo de alimento de cada animal debería haber sido de alrededor de 450 kg MS para todo el período de engorde, o de 6,62 kg MS/día. Este valor fue 8 y 16% menor que el consumo medido en SD y AC, respectivamente (Cuadro 4.4.) y es probable que la variación refleje aspectos comentados en esta Discusión, que involucran tanto a la estimación de los requerimientos como a la medición del consumo.

Cada kg de ADPV tuvo un costo promedio de 18,65 Mcal EM. Smith *et al.* (1976) compararon la eficiencia de distintos grupos genéticos a igual nivel de terminación, encontrando valores en el rango de 20,7-23,3 Mcal EM/kg ADPV para tasas de ganancia entre 1,0 y 1,1 kg/día. Más allá de lo señalado en cuanto a la estimación de los requerimientos, la diferencia entre la eficiencia calculada para este ensayo y los datos bibliográficos es de sólo 10-20%. Esto sugiere que en condiciones de feedlot, producir un kg de ADPV tendría un costo relativamente constante de alrededor de 20-21 Mcal EM. Este valor permitiría estimar la demanda global de EM del proceso de engorde y, a partir de ella, la de alimento. Por ejemplo, engordar un animal desde los 300 a los 400 kg demandaría 2000-2100 Mcal EM. Si la dieta tuviese una concentración energética de 2,75 Mcal EM/kg MS, se requerirían 727-764 kg MS. El índice de eficiencia (20-21 Mcal EM/kg ADPV) es válido para animales en terminación, siempre que la tasa de ganancia sea de aproximadamente 1 kg/día. En animales en crecimiento la relación es distinta debido a las diferencias en consumo, costo relativo de mantenimiento y composición de la ganancia. Por ejemplo, Laucirica (2015) en terneros de recría calculó valores de eficiencia energética desde 16 Mcal EM/kg ADPV con ganancias de 590 g/día, hasta 29 Mcal EM/kg ADPV con ganancias de 282 g/día.

Cada mm de EGD requirió 397,5 Mcal EM (Cuadro 4.10.). En este ensayo, para pasar de 5,43 a 9,17 mm de EGD se necesitaron en promedio 514 kg MS de alimento (consumo medido). Este valor es similar al informado por Parret *et al.* (1985), quienes calcularon que incrementar 5 mm el EGD (de 5 a 10 mm) tuvo un costo de 499 kg MS de alimento. Es importante destacar la diferencia que hubo entre períodos de engorde en el costo de acumular grasa dorsal. Así, en el primer período (0-42 días), dicho costo fue de 106 kg MS/mm de EGD, mientras que en el segundo período (43-68 días) fue de 266 kg MS/mm de EGD. En coincidencia con lo observado en otros trabajos (Parret *et al.*, 1985), estos valores muestran el elevado costo del engorde.

5.7. Análisis económico

No se encontró interacción entre tratamientos y períodos de engorde en las variables económicas analizadas, por lo cual se analizaron los efectos principales. Entre tratamientos no hubo diferencias en el ingreso (IB), costos (CD) y margen bruto (MB),

siendo los promedios de 9889, 9852 y 37 \$/animal. El retorno por peso invertido (R\$/\$) fue del 0,95 \$/\$.

El consumo de alimento fue 9,6% mayor en AC que en SD (7,91 vs. 7,22 kg MS/día, respectivamente), sin que se detectaran diferencias significativas en el ADPV y la ECA, como se señaló anteriormente. En AC el consumo de alimento representó el 94% de CD, mientras que en SD significó el 90% de los mismos (Cuadro 4.11.). De los restantes componentes del CD, los de mayor incidencia resultaron la mano de obra y el combustible, los cuales fueron 65 y 70% menores en AC que en SD, respectivamente.

5.8. Implicancias de este estudio

Los resultados obtenidos en este trabajo tendrían relevancia práctica para los ganaderos de la región, quienes disponen ahora de información experimental que les permite comparar la factibilidad de las dos alternativas de suministro de alimento en animales en corral, en el contexto de las restricciones y oportunidades de cada empresa comercial. Sin embargo, se requiere de más investigación relacionada al uso de los comederos de autoconsumo en lo que se refiere a utilizarlo en otras categorías, o donde deba ser necesario regular el consumo (por ejemplo en la recría), siempre acompañado de una evaluación económica para medir su impacto a nivel sistémico. El resultado de este ensayo puede variar significativamente con el tipo de dieta (más acidótica) y manejo (sin acostumbamiento adecuado).

Un factor importante a tener en cuenta en una empresa ganadera es el costo de oportunidad del personal. En relación a esto, como en los autoconsumos no sería necesario ir todos los días a suministrar el alimento, y como es suficiente con una revisión diaria de rutina para controlar el funcionamiento del sistema/establecimiento, se liberan horas de trabajo del personal para realizar otras actividades dentro del predio, lo cual genera una ventaja sobre los sistemas que requieren dar alimento todos los días.

6. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente trabajo, la forma de suministro (diaria o autoconsumo) de una dieta de terminación formulada en base a grano entero de maíz y una fuente proteica, sin el aporte de fibra ni de ionóforos, no afectó las principales variables de interés productivo como la ganancia de peso, nivel de terminación o eficiencia de conversión. No obstante, en el autoconsumo hubo mayor consumo de alimento, sin que se observaran diferencias de importancia en el comportamiento ingestivo. Tampoco se detectaron diferencias en la eficiencia energética. En base a estos resultados, se rechazan las dos hipótesis iniciales.

En lo que respecta a las variables económicas tampoco se observaron diferencias significativas debido a la forma de suministro del alimento, aunque en la estructura de costos la incidencia del alimento fue mayor en autoconsumo y la mano de obra fue menor en el mismo. Por lo tanto, no se observó diferencias en el Margen Bruto. Ello sugiere la posibilidad de una ventaja estratégica en lo que respecta al sistema de suministro de alimento, que debería ser explorada según las características de cada establecimiento en particular.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AACREA, 1988. Análisis de resultados de la empresa, etapa I. Convenio AACREA-Banco Río. 26 p.
- AELLO, M.S.; GÓMEZ, P.O. 1984. Tiempo y momento de pastoreo de novillos Hereford en una pastura de *Agropiron elongatum*. Rev. Arg. Prod. Anim. 4 (5): 533-546.
- AELLO, M.S.; SANTINI, F.J.; SCIOTTI, A.E.; ROSSI PELLIZZARI, J.M. 2013. Digestibilidad in vivo de sorgo diferido y utilización del grano por vacas de cría adultas. Rev. Arg. Prod. Anim. 33 (supl. 1): 164.
- AFRC.1993. Energy and protein requirements of ruminants: an advisory manual. CAB International. Wallington, UK. 159 p.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. 684-688 p.
- BAILEY, C.B.; LAWSON, J.E. 1989. Rate and efficiency of gain in Hereford and Angus bulls from lines selected for rapid growth on high-energy and low-energy diets. Can. J. Anim. Sci. 69:161-172.
- BARRA, F. 2005. Manejo de la alimentación de animales a corral. Acaecer, Bs. As., 30(346):26-32. [en línea] <www.produccion-animal.com.ar> [consulta: 20 de agosto de 2016].
- BARRA, F. 2005. Recomendaciones para el diseño de un feedlot: aspectos básicos por considerar en la instalación y manejo de corrales. Acaecer 30(346):26-32.
- BASSI, G. 2015. Evaluación económica de requerimientos nutricionales con relación a ganancias diarias de peso en encierre de novillos. Trabajo de graduación correspondiente al Programa de Formación Continua para Profesionales en Producción Animal de Rumiantes (INTA-UNNE). Corrientes, Argentina. 45 p.
- BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L. 1992. Roughage level and limited maximum intake regimens for feedlot steers. J. Anim. Sci. 70:3293-3303.
- BEAUCHEMIN, K.A.; Mc ALLISTER, T.A.; FARR, B.A.; CHENG, K.J. 1994. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. J. Anim. Sci. 72:236-246.
- BERETTA, V.; SIMEONE, 2013. Consumo en el autoconsumo: simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. 15ª Jornada Anual de la Unidad Intensiva de carne (UPIC) pp.16-51

- BERGER, A.L.; RASBY, R.J. 2012. Limiting feed intake with salt in beef cattle diets. University of Nebraska-Lincoln. [en línea] <<http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g2046.pdf>> [consulta: 20 de agosto de 2016].
- BIF (Beef Improvement Federation) 1986. Guidelines for uniform beef improvement programs. 5th ed. North Carolina State University, Raleigh, U.S.A. 120-140 p.
- BRITTON, R.A.; STOCK, R.A. 1986. Acidosis, rate of starch digestion and intake. In: Owens, F.N. (ed.). Proceedings: Feed Intake by Beef Cattle Nov. 20 - 22. Oklahoma State University, Oklahoma, US pp.125-137
- BURGES, J.C.; ROMERA, A.J. 2007. Estimación de la variabilidad del crecimiento de las pasturas para presupuestos forrajeros. 30° Congreso Argentino de Producción Animal. Rev. Arg. Prod. Anim. 27(1):127-128.
- BURGES, J.C.; ROMERA, Á.; CONTINANZA, F.G.; FAVERÍN, C.; SCIOTTI, A.; FERNÁNDEZ, H.H. 2014. Reglas de manejo para sistemas pastoriles de cría vacuna. 1. Evaluación del sistema "SIMPLE". En: Burges, J.C.; Faverín, C.; Aello, M.S.; Recavarren, P. (eds.) Experiencias prácticas sobre ganadería en el territorio Centro Sur de Buenos Aires. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina pp.. 189-190
- CANOSA, F. 2003. Evolución, potencial y limitantes de la cría en la Argentina. CREA, Buenos Aires, Argentina. Cuaderno de Actualización Técnica N° 66; pp. 4-10.
- CARDILLO, A.N. 2011. Uso de capsaicina en terneros de engorde a corral. Tesis Magister Scientiae, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 77 p.
- CARDON, B.P.; STANLEY, E.B.; PISTOR, W.J.; NESBITT, J.C. 1951. The use of salt as a regulator of supplemental feed intake and its effect on the health of range livestock. Ariz. Agr. Exp. Sta. Bull. pp 239-243.
- CARDON, B.P. 1953. Influence of a high salt intake on cellulose digestion. J. Anim. Sci. 12:536.
- CHENG, K.J.; MCALLISTER, T.A.; POPP, J.D.; HRISTOV, A.N.; MIR, Z.; SHIN, H.T. 1998. A review of bloat in feedlot cattle. J. Anim. Sci. 78:299-308.
- CHICCO, C.F.; SHULTZ, T.A.; RIOS, J.; PLASSE, D.; BURGUERA, M. 1971. Self-feeding salt supplement to grazing steers under tropical conditions. J. Anim. Sci. 33:142-146.
- CHURCH, D.C. 1993. The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. Prentice-Hall, Englewoods Cliffs, N.J. pp 564-569.

- COLE, N.A.; JOHNSON, R.R.; OWENS, F.N. 1976. Influence of roughage level on the site and extent of digestion of whole shelled corn by beef steers. *J. Anim. Sci.* 43:483-749.
- CONTINANZA, F.G. 2010. Productividad física y resultados económicos en un sistema de cría manejado según el estado de las pasturas bajo diferentes niveles de carga animal. Tesis Magister Scientiae, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 103 p.
- COOPER, R.J.; MILTON, C.T.; KLOPFENSTEIN, T.J.; JORDON, D.J. 2002. Effect of corn processing on degradable intake protein requirement of finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 80:242-247.
- CORONA, L.; RODRIGUEZ, S.; WARE, R.A.; ZINN, R.A. 2005. Comparative effect of whole, ground, dry-rolled and steam-flaked corn on digestion and growth performance in feedlot cattle. *Prof. Anim. Sci.* 21:200–206.
- DEPETRIS, G.J.; SANTINI, F.J.; PAVAN, E.; VILLARREAL, E.L.; REARTE, D.H. 2003. Efecto del grano de maíz alto en aceite en el sistema de engorde a corral. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23(1):57.
- DEPETRIS, G.J. 2004. Características productivas y composición de la grasa corporal en novillos de terminación y terneras de destete alimentados con grano de maíz con alto contenido en aceite. Tesis Magister Scientiae, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 82 p.
- DI MARCO, O.N. 1998. Crecimiento de vacunos para carne. Centro de Copiado. Mar del Plata, Argentina. pp 1-21.
- DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J. 2005. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. 2^o ed.. CABI Publishing, USA. 4 p.
- DUFFIELD, T.F.; MERRILL, J.K.; BAGG, R.N. 2012. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *J. Anim. Sci.* 90:4583-4592.
- ELIZALDE, J.C.; PAUL, W.; FRANCHONE, C. 2002. Consumo y ganancia de peso en vacunos alimentados a corral con dietas basadas en grano de maíz entero o molido y con baja inclusión de forraje. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22(1): 61.
- ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MILTON, C.T.; HANSON, D.; CALKINS, C. 1999. Effect of dietary phosphorus on finishing steer performance, bone status, and carcass maturity. *J. Anim. Sci.* 77:2832-2836.

- ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MILTON, C.T.; BRINK, D.; ORTH, M.W.; WHITTET, K.M. 2002. Phosphorus requirement of finishing feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 80:1690-1695.
- ERICKSON, G.E.; MILTON, C.T.; FANNING, K.C.; COOPER, R.J.; SWINGLE, R.S.; PARROTT, J.C.; VOGEL, G.; KLOPFENSTEIN, T.J. 2003. Interaction between bunk management and monensin concentration on finishing performance, feeding behavior, and ruminal metabolism during an acidosis challenge with feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 81:2869-2879.
- FIEMS, L.O.; DE CAMPENEERE, S.; DE SMET, S.; VAN DE VOORDE, G.; VANACKER, J.M.; BOUCQUÉ, C.V. 2000. Relationship between fat depots in carcasses of beef bulls and effect on meat colour and tenderness. *Meat Sci.* 56:41-47.
- FORBES, J.M. 2003. The multifactorial nature of food intake control. *J. Anim. Sci.* 81:139–144.
- FULTON, W.R.; KLOPFENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A. 1979. Adaptation to high concentrate diet by beef cattle. I. Adaptation to corn and wheat diet. *J. Anim. Sci.* 49:775-784.
- GALYEAN, M.L.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N. 1979a. Level of feed intake and site and extent of digestion of high concentrate diets by steers. *J. Anim. Sci.* 49:109-203.
- GALYEAN, M.L.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N. 1979b. Corn particle size and site and extent of digestion by steers. *J. Anim. Sci.* 49:204-210.
- GARCÍA-LARA, S.; BERGVINSON, D.J. 2007. Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz. *Agric. Téc. Méx.* 33(2):67.
- GIBB, D.J.; MCALLISTER, T.A.; HUISMA, C.; WIEDMEIER, R.D. 1998. Bunk attendance of feedlot cattle monitored with radio frequency technology. *Can. J. Anim. Sci.* 78:707–710.
- GIBB, D.J.; MCALLISTER, T.A., 1999. The impacts of feed intake and feeding behaviour of cattle on feedlot and feedbunk management. In: Korver, D.; Morrison, J. (eds.), *Proceedings of the 20th Western Nutrition Conference on Marketing to the 21st Century*, pp. 101–116.
- GHIDA DAZA, C.; ALVARADO, P.; CASTIGNANI, H.; CAVIGLIA, J.; D'ANGELO, M.L.; ENGLER P.; GIORGETTI, M.; IORIO, C.; SANCHEZ, C. 2009. Indicadores económicos para la gestión de empresas agropecuarias: bases metodológicas. INTA, Buenos Aires, Argentina. *Estudios socio económicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales* N° 11. 39 p.

- GILL, J.L. 1986. Repeated measurement: sensitive tests for experiments with few animals Michigan State University. *J. Anim. Sci.* 63:943-954.
- GINGINS, M.A.; STRITZLER, N.P.; SANTUCHO, G. 1983. Digestibilidad de granos de maíz y avena enteros y molidos. *Producción Animal* 10:109-114.
- GOROCICA-BUENFIL, M.A.; LOERCH, S.C. 2005. Effect of cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance. *J. Anim. Sci.* 83:705-714.
- GUTHRIE, M.J.; GALYEAN, M.L.; MALCOM, K.J.; KLOPPENBURG, J.H.; WALLACE, J.D. 1992. Effect of method of corn processing and roughage source on feedlot performance and ruminal fermentation in beef steers. *Proc. Western Sec., Amer. Soc. Anim. Sci.* 43:19-22.
- GUAITA, M.S.; FERNÁNDEZ, H.H. 2005. Tablas de composición química de alimentos para rumiantes. INTA. EEA Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 60 p.
- HANDAM, V. 2016. Conceptos básicos de costos agropecuarios: economía de la producción. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Material Didáctico N° 2. 36 p.
- HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the new penn state forage particle separator. Pennsylvania State University, College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension DAS 02-42 14p.
- HEJAZI, S.; FLUHARTY, F.L.; PERLEY, J.E.; LOERCH, S.C.; LOWE, G.D. 1999. Effect of corn processing and dietary fiber source on feedlot performance, visceral organ weight, diet digestibility and nitrogen metabolism in lambs. *J. Anim. Sci.* 77:507-515.
- HENTGES, J.F.; ADAMS, J.R.; MOORE, J.E.; OLTJEN, R.R. 1967. Control of beef cattle forage supplement intake. *J. Anim. Sci.* 26:208.
- HIBBERD, C.A.; WAGNER, D.G.; SCHEMM, R.L.; MITCHELL, E.D.; WEIBEL, D.E.; HINTZ, R.L. 1982. Digestibility characteristics of isolated starch from sorghum and corn grain. *J. Anim. Sci.* 55:1490-1497.
- HICKS, R.B.; OWENS, F.N.; GILL, D.R.; MARTIN, J.J.; STRASIA, C.A. 1990. Effects of controlled feed intake on performance and carcass characteristics of feedlot steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 68:233-244.
- HILL, W.J.; SECRIST, D.S.; OWENS, F. N.; STRASIA, C.A; GILL, D.R.; BASALAN, M.; JOHNSON, A.B. 1996. Effects of trace mineral supplements on performance of feedlot steers. Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University, US. Miscellaneous Publication; P-951 pp. 153-163.

- HORNECK, D.A.; MILLER, R.O. 1998. Determination of total nitrogen in plant tissue. In: Y.P.; Kalra (ed.) Handbook of reference methods for plant analysis. CRC Press, s.l. pp 75-83.
- HOUGHTON, P.L.; TURLINGTON, L.M. 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals: a review. *J. Anim. Sci.* 70:930-941
- HUCK, G.L.; KREIKEMEIER, K.K.; KUHL, G.L.; ECK T.P.; BOLSEN, K.K. 1998. Effects of feeding combinations of steam-flaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry rolled corn on growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 76:2984-2990.
- ILLIUS, A.W.; JESSOP, N.S. 1996. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:3052-3062.
- JURIE, C.; MARTIN, J.F.; LISTRAT, A.; JAILLER, R.; CULIOLI, J.; PICARD, B. 2005. Effects of age and breed of beef bulls on growth parameters, carcass and muscle characteristics. *J. Anim. Sci.* 80:257-263.
- KAUFMANN, W.; SAELZER, V. 1976. Fisiología digestiva aplicada del ganado vacuno. Acrilia, Zaragoza, España. 84 p.
- KEYS, J.E.; PEARSON, R.E.; THOMPSON, P.D. 1978. Effect of bunk stocking density on weight gains and feeding behavior of yearling Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 61:448-454.
- KINCAID, R. 1988. Macro elements for ruminants. In: Church, D. C. (ed.) *The Ruminant Animal Digestive physiology and nutrition*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. pp 326-330.
- KNOBLICH, H.V.; FLUHARTY, F.L.; LOERCH, S.C. 1997. Effects of programmed gain strategies on performance and carcass characteristics of steers. *J. Anim. Sci.* 75:3094-3102.
- KRAUSE, K.M.; OETZEL, G.R. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Ani. Feed Sci. Tech.* 126:215-236.
- KREIKEMEIER, K.K.; HARMON, D.L.; BRANDT, R.T., Jr.; NAGARAJA, T.G.; COCHRAN, R.C. 1990. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 68:2130-2141.
- KROGER, D.; CARROLL, F.D. 1964. Possible mechanism of agricultural gypsum in regulating appetite. *J. Anim. Sci.* 23:1011.
- KUCSEVA, C.D.; BALBUENA, O.; STAHRINGER, R.C.; SLANAC, A.L., NAVAMUEL, J.

2003. Uso de limitadores de consumo en suplementación de bovinos en pastoreo. [en línea] <www.produccion-animal.com.ar> [consulta: 20 de agosto de 2016].
- LANGE, A. 1973. Curso de suplementación dictado en AACREA. pp. 1. [en línea] *Dinámica Rural*, 6(62):75. <www.produccion-animal.com.ar> [consulta: 20 de agosto de 2016].
- LAUCIRICA, F.; AELLO, M.S.; MENCHÓN, P. 2015. Efecto de la alimentación en el crecimiento, nivel de terminación y eficiencia energética de terneros de recría. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 87 p.
- LEE, R.W.; GALYEAN, M.L.; LOFGREEND, G.P. 1982. Effects of mixing whole shelled and steam faked corn in finishing diets on feedlots performance and site and extent of digestion in beef steers. *J. Anim. Sci.* 55:475-483.
- LOERCH, S.C.; FLUHARTY, F.L. 1998. Effects of corn processing, dietary roughage level, and timing of roughage inclusion on performance of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 76:681-685.
- LUGINBUHL, J.M.; POND, K.R.; BURNS, J.C.; RUSS, J.C. 1989. Effects of ingestive mastication on particle dimensions and weight distribution of coastal bermudagrass hay fed to steers at four levels. *J. Anim. Sci.* 67:538-546.
- MADER, T.L.; POPPERT, G.L.; STOCK, R.A. 1993. Evaluation of alfalfa type as a roughage source in feedlot adaptation and finishing diets containing different corn types. *Animal Feed Sci. Tech.* 42:109-119.
- MACRAE, J.E.; ARMSTRONG, D.G. 1968. Enzyme method for determination of α -linked glucose polymers in biological materials. *J. Sci. Food Agric.* 19:578-581.
- MACRAE, J.E.; AMSTRONG, D.G. 1968. Starch analysis in feed samples. *J. Sd. Food Agric.* 19:578-581.
- MARESCA, S.; SANTINI, F.J.; PAVAN, E.; ELIZALDE, J.C.; EYHERABIDE, G. 2003. Efecto del nivel de forraje en la dieta sobre la utilización del grano de maíz entero en bovinos de diferentes edades. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23(1): 38.
- MARESCA, S. 2004. Digestibilidad in vivo del grano de maíz entero con dos niveles de forraje en bovinos de diferentes edades. Tesis M. Sc. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 67 p.
- MARESCA, S.; SANTINI, F.; COLOMBATTO, D. 2015. Silos para autoconsumo de granos. [en línea] <<http://inta.gob.ar/documentos/silos-para-autoconsumo-de-granos>> [consulta septiembre 2015].

- MABUKU, O.; HATENDI, P.R.; MEDLINAH, M. 1996. Effect of feeding different mixtures of whole to milled maize grain in a complete diet on feedlot performance of steers. *Zimbabwe J. Agric. Res.* 34:87-95.
- MACHADO SANTANA, A.E.; MIRANDA NEIVA, J.N.; RESTLE, J.; FERNANDES SOUSA, L.; ROCHA CHAVES MIOTTO, F.; MARTINS ALENCAR, W.; DE OLIVEIRA DA SILVA, R.; LÚCIA DE ARAÚJO, V. 2014. Feeding behavior of crossbred steers fed diets containing babassu mesocarp meal and corn in kernels or ground. *R. Bras. Zootec.* 43(5):266-272.
- MEISSNER, H.H.; SMUTS, M.; COERTZE, R.J. 1995. Characteristics and efficiency of fast-growing feedlot steers fed different dietary energy concentrations. *J. of Anim. Sci.* 73:931-936
- MENCHÓN, P.A.; AELLO, M.S.; SANTINI, F.J.; BURGESS, J.C. 2015. Recría de terneros con heno de agropiro y distintos niveles de suplementación y su posterior respuesta productiva en pastoreo: 1. Ganancia de peso. *Rev. Arg. de Prod. Anim.* 36 (Supl. 1):271.
- McCOLLOUGH, R.L.; BRENT, B.E. 1972. Digestibility of eight hybrid sorghum grains and three hybrid corns. *Kansas Agricultural Experiment Station. US. Bulletin N° 557* 27p.
- McNEILL, J.W.; POTTER, G.D.; RIGGS, J.K. 1976. Ruminal and post-ruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. *J. Anim. Sci.* 33:1371-1388.
- MOSELEY, G.; JONES, D.I.H. 1974. The effect of sodium chloride supplementation of a sodium adequate hay on digestion, production and mineral nutrition of sheep. *J. Agric. Sci.* 83:37-42.
- MUFARREGE, D.J. 1999. Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la argentina. [en línea] <www.produccion-animal.com.ar> [consulta: 20 de agosto de 2016].
- MURPHY, T.A.; FLUHARTY, F.L.; LOERCH, S.C. 1994a. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 72:1608-1615.
- MURPHY, T.A.; LOERCH, S.C. 1994b. Effects of restricted feeding of growing steers on performance: carcass characteristics and composition. *J. Anim. Sci.* 72:2497-2507
- NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74:3598-3629.

- NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. National Academy Press. Washington, D.C. pp 232-240.
- ODRIOZOLA, N. 2004. Intoxicación por monensina. INTA EEA Balcarce. [en línea] <www.produccion-animal.com.ar> [consulta: 5 de enero de 2016].
- OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.* 63:1634-1652.
- OWENS, F.N.; DUBESKY, P.; HANSON, C.F. 1993. Factors that alter growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.* 71:3138-31350.
- OWENS, F.N.; GILL, D.R.; SECRIST, D.S.; COLEMAN, S.W. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 73:3152-3172.
- OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A Review. *J. Anim. Sci.* 75:868-879.
- OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. 1998. Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 76:275–286.
- PARRA, V.F.; ELIZALDE, J.C.; DUARTE, G.A. 2002. Resultados de engordes a corral de vacunos en diferentes sistemas de producción de carne. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 22(1): 60.
- PARRET, D.F.; ROMANS, J.R.; BECHTEL, P.J.; WEICHENTHAL, B.A.; BERGER, L.L. 1985. Beef steers slaughtered at three fat-constant end points: i. growth, efficiency and carcass characteristics *J. Anim. Sci.* 61:436-441.
- PERALTA, M.; SANTINI, F.J. 2004. Evaluación de híbridos de maíz flint y dent como grano entero en la alimentación de novillos en un engorde a corral.1.-CIC. 2.-INTA-Balcarce. [en línea] <www.produccion-animal.com.ar> [consulta: 5 de enero de 2016].
- PERRY, T.W. 1995. Feedlot disease. In: Perry, T.W. ; Cecava, M.J. (eds.) *Beef cattle feeding and nutrition* 2nd. ed. Academic Press, San Diego, CA. pp 283-290.
- PHILIPPEAU, C.; MARTIN, C.; MICHALET-DOREAU, B. 1999. Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers. *J. Anim. Sci.* 77:1587-1596.
- PORDOMINGO, A.J.; GALYEAN, M.E.; BRANINE, M.E.; FREEMAN, A.S. 1999. Effects of daily and weekly rotations of lasalocid and monensin plus tylosin compared with continuous feeding of ionophores on ruminal fermentation. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 19:362-382.

- PORDOMINGO, A.J.; JONAS, O.; ADRA, M.; SANTUCHO, G.; JUAN, N.A.; AZCÁRATE, M.P. 2002. Evaluación de dietas basadas en grano entero y sin fibra larga para engorde de bovinos a corral. INTA Argentina. RIA (1) 31:1-22.
- PORDOMINGO, A.J. 2013. Feedlot: alimentación, diseño y manejo. Ediciones INTA. EEA Anguil. La Pampa, Argentina 169 p.
- POTTER, E.L.; COOLEY, C.O.; RICHARDSON, L.F.; RAUN, A.P.; RATHMACHER, R.P. 1976. Effect of monensin on performance of cattle fed forage. J. Anim. Sci. 43:665-669.
- PURCHAS, R.W.; BURNHAM, D.L.; MORRIS, S.T. 2002. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. J. Anim. Sci. 80:3211-3221.
- REINHARDT, C.D.; BRANDT, R.T.; ECK, T.P.; TITGEMEYER, E.C. 1998. Performance, digestion, and mastication efficiency of Holstein steers fed whole or processed corn in limit or full-fed growing-finishing system. J. Anim. Sci. 76:1778-1788.
- RICH, T.D.; ARMBRUSTER, S.; GILL, D.R. 1976. Limiting feed intake with salt. University of Nebraska, Lincoln. Paper N° 274. 5 p.
- RICCI, P.; ROMERA, A.J.; BURGESS, J.C.; FERNÁNDEZ, H.H.; CANGIANO, C. 2009. Precision and accuracy of methodologies for estimating in vitro digestibility of *Thinopyrum ponticum* (Tall wheatgrass) hay and haylage fed to beef cattle. The Professional Animal Scientist 25:625-632
- RIGGS, J.K.; COLBY, R.W.; SELLS, L.V. 1953. The effect of self-feeding salt-cotton-seed meal mixtures to beef cows. J. Anim. Sci. 12:379.
- ROBLES, V.; GONZALEZ, L.A.; FERRET, A.; MANTECA, X.; CALSAMIGLIA, S. 2007. Effects of feeding frequency on intake, ruminal fermentation, and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets. J. Anim. Sci. 85:2538–2547.
- ROMERA, A.J.; MORRIS, S.T.; HODGSON, J.; STIRLING, W.D.; WOODWARD, S.J.R. 2005. Comparison of haymaking strategies for cow-calf systems in the Salado Region of Argentina using a simulation model. 2. Incorporation of flexibility into the decision rules. Grass Forage Sci. 60 (4):409-416.
- ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn, J. Anim. Sci. 63:1607-1609.
- ROVIRA, P.J.; VELAZCO, J. 2012. Suplementación de bovinos en pastoreo: autoconsumo. INIA, Uruguay. Serie Técnica N° 199. 72 p.

- ROTGER, A.; FERRET, A.; MANTECA, X.; RUIZ DE LA TORRE, J.L.; CALSAMIGLIA, S. 2006. Effects of dietary nonstructural carbohydrates and protein sources on feeding behavior of tethered heifers fed high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 84:1197–1204.
- RUSSELL, J.R.; YOUNG, A.W.; JORGENSEN, N.A. 1981. Effect of dietary corn starch intake on ruminal small intestinal and large intestinal starch digestion in cattle. *J. Anim. Sci.* 52:1170-1176.
- SAINZ, R.D.; BENTLEY, B.E. 1997. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refeed beef steers. *J. Anim. Sci.*, 75:1229-1236.
- SAN MARTÍN, M. 2002. Propiedades físicas y digestión ruminal de los granos de diferentes híbridos de maíz en bovinos. Tesis Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 84 p.
- SAS, 1999. Statal analysis system. SAS/STAT®. SAS user's Guide Release 8.0 ed. Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- SAVELL, J.W.; MUELLER, S.L.; BAIRD, B.E. 2005. The chilling of carcasses. *Meat Sci.*, 70: 449-459.
- 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. *J. Anim. Sci.* 81(E. Suppl. 2):E149–E158
- SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; OWENS, F.N.; GILL, D.R.; WELTY, S.D. 1996a. Rolled or whole corn for feedlot steers being limit-or ad libitum-fed. Oklahoma Agricultural Experiment Station, US. .Miscellaneous Publication;. P951 pp, 173-180.
- SECRIST, D.S.; OWENS, F.N.; HILL, W.J.; WELTY, S.D. 1996b. Rolled versus whole corn: effects on ruminal fermentation of feedlot steers. Oklahoma Agricultural Experiment Station, US. .Miscellaneous Publication P-951 pp.181-188.
- SIMEONE, A.; BERETTA, V.; BENTANCUR, O.; LAGRECA, M.; RATTIN, A.; MEDEROS, P.; CORTAZZO, D. 2007. El manejo de la fibra en el confinamiento de terneros como alternativa de alimentación invernal. APPA - ALPA - Cusco, Perú. [en línea] <www.produccion-animal.com.ar> [consulta: 5 de enero de 2016].
- SMITH, G.M.; LASTER, D.B.; CUNDIFF, L.V.; GREGORY, K.E. 1976. Characterization of biological types of cattle: postweaning, growth and fed efficiency of steers. *J. Anim. Sci.* 43:37–47.
- SOWELL, B.F.; BOWMAN, J.G.; BRANINE, M.E.; HUBBARD, M.E. 1998. Radio frequency technology to measure feeding behavior and health of feedlot steers. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 59:277–284.

- STORRY, J.E.; SUTTON, J.D. 1969. The effect of change from low roughage to high roughage diets on rumen fermentation, blood composition and milk fat secretion in the cow. *British J. Nutr.* 23:511-518.
- STOCK, R.A.; BRINK, D.R.; BRITTON, R.A.; GOEDEKEN, F.K.; SINDT, M.H.; KKREIKEMEIER, K.K.; BAUER, M.L.; SMITH, K.K. 1987a. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. *J. Anim. Sci.* 65:290-302.
- STOCK, R.A.; BRINK, D.R.; BRANDT, R.T.; MERRILL, J.K.; SMITH, K.K. 1987b. Feeding combinations of high moisture corn and dry corn to Finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 65:282-289.
- STOCK, R.A.; KLOPFENSTEIN, T.; SHAIN, D. 1995. Feed intake variation. Oklahoma Agricultural Experiment Station, US. .Miscellaneous Publication; P-942 pp.56-59.
- SWINGLE, S. 1995. Effect of roughage level and type on intake and performance of feedlot cattle. Oklahoma Agricultural Experiment Station, US. .Miscellaneous Publication. P-942 pp.257-263.
- TILLEY, J.M.; TERRY, R.A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grass Soc.* 18: 104-111.
- THEURER, C.B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.*63:1624-1643.
- TURGEON, O.A.; BRINK, D.R.; BRITTON, R.A. 1983. Corn particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steer diets. *J. Anim. Sci.* 57:739-749.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.I. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharide in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- VITTONI, J.S.; MUNILLA, M.E.; LADO, M.; CORNE, M.; RÉ, A.E.; BIOLATTO, A.; GALLI, I.O. 2015. Experiencias de recría y engorde con raciones secas en autoconsumo. Resultados de la Unidad Demostrativa "Feedlot ecológico" (2007–2014) -PNPA 1126022-. INTA. EEA Concepción del Uruguay, Entre. Ríos, Argentina 45p.
- WAGNON, K.A. 1965. Social dominance in range cows and its effect on supplemental feeding. California Agricultural Experiment Station, US. Bulletin N°819 pp 21-31.
- WERTZ, E.; BERGE, L.L.; WALKER, P.M.; FAULKNER, D.B.; MCKEITH, F.K.;

- RODRIGUEZ-ZAS, S. 2001. Early weaning and postweaning nutritional management affect feedlot performance of angus x simmental heifers and the relationship of 12th rib fat and marbling score to feed efficiency. *J. Anim. Sci.* 79: 7: 1660-1669.
- WHEELER, W.E.; NOLLER, C.H. 1977. Gastrointestinal tract pH and starch in feces of ruminants. *J. Anim. Sci.* 44:131-135.
- WILSON, G.F.; ADEEB, N.N.; CAMPLING, R.C. 1973. The apparent digestibility of maize grain when given in various physical forms to adult sheep and cattle. *J. Agric. Sci., Camb.* 80:259-267.
- WOOD, J.D.; ENSER, M.; FISHER, V.; NUTE, G.R.; SHEARD, P.R.; RICHARDSON, R.I.; HUGHES, S.I.; WHITTINGTON, F.M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.*, 78: 343-58.
- ZINN, R.A.; OWENS, F.N. 1983. Influence of feed intake level on site of digestion in steers fed a high concentrate diet. *J. Anim. Sci.* 56:471.
- ZINN, R.A.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. 2002. Flaking corn: Processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80:1145–1156.
- ZINN, R.A.; BARRERAS, A.; CORONA, L.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. 2007. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. *J. Anim. Sci.* 85:1727-1730.