

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN INFRECUENTE Y AUTO-  
SUMINISTRO DE SUPLEMENTO EN LA RECRÍA BOVINA  
SOBRE CAMPO NATURAL**

**por**

**Fiorella CAZZULI ALBA**

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

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**(Octubre, 2017)**

Tesis aprobada por el tribunal integrado por los Ing. Agr. (PhD) Virginia Beretta, Pablo Boggiano y José Velazco, el 6 de octubre de 2017. Autora: Ing. Agr. Fiorella Cazzuli. Director: Ing. Agr. (PhD) Fabio Montossi, Co-director Dr. (PhD, MSc) Ali Saadoun.

## **AGRADECIMIENTOS**

A INIA por darme la oportunidad de realizar esta tesis.

A FAgro, institución que ofrece este título sin costo económico y con excelentes docentes.

Al estimado Fabio Montossi tanto por su dedicación como tutor como por su permanente apoyo en mi desarrollo profesional y personal: siempre estaré agradecida. A Ali Saadoun por el constante ánimo, apoyo y motivación a alcanzar los objetivos planteados.

Al estimado Gabriel Ciappesoni por alentarme y apoyarme en la realización de este posgrado: a instancias de él empecé esta maestría. A Olga Ravagnolo por permitirme colaborar en el World Hereford Conference. A Elisabeth Carrega, por su eficiencia, compromiso y profesionalismo. A los tres miembros del tribunal por su apoyo y por sus muy buenos aportes en los seminarios y a lo largo del trabajo en general. A todos los docentes de los cursos, de los que tanto aprendí.

A mi compañera y amiga Ximena, que junto con todos los colaboradores de las unidades experimentales hicieron posible estos ensayos.

A mis compañeras de maestría, de trabajo y amigas Zully y Dan, con las que transitamos este camino juntas. Al resto de mis compañeros de maestría, especialmente a Robin, María y Andrea.

A mis colegas de INIA Tacuarembó, cuyas críticas constructivas fueron de suma utilidad para este trabajo, en especial a Nacho, Martín, Maneco, pero sin olvidarme de Diego, Javier, Sabrina, Tatiana, Stephanie, Victoria, Robin, Rafa, entre varios más. A Lore, Zenia, Caro, Rebeca y tantos otros compañeros y amigos queridos de INIA Tacuarembó que siempre estuvieron pendientes de mis avances. A Carolina Pereira por su enorme ayuda con la búsqueda bibliográfica. A todos mis compañeros de administración, recursos humanos y servicios auxiliares, sin los cuales las actividades del resto de todos nosotros no son posibles. A mis compañeros de INIA fuera de

Tacuarembó: Lili, Virginia, Ethel, entre muchas otras personas altamente valoradas y siempre prontas a tender una mano. A María Cúneo por su colaboración con los análisis de muestras de laboratorio. A Juan Clariget por todos los datos compartidos y discutidos que fueron de tanta utilidad.

A mis amigos extra-INIA que siempre les costó entender en qué andaba entre trabajos y estudios, pero aún así siempre me dieron para adelante.

A mis padres que siempre me apoyaron en todos mis estudios. Al resto de mi familia, siempre animándome a continuar. A Mirta y los tres abuelos de mis hijos, que siempre estuvieron a las órdenes para cuidar niños.

A Santiago, que siempre e incondicionalmente me apoyó en todos mis proyectos y actividades, tanto académico-laborales como personales. A mis hijos adorados, que son, por lejos, lo mejor que me ha pasado en la vida.

## TABLA DE CONTENIDOS

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xii
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1. LA CONCEPTUALIZACIÓN DE LA INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE DE LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y SEMI EXTENSIVOS DEL URUGUAY.....	1
1.2. RESTRICCIONES PARA LA INTENSIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS GANADEROS .....	5
1.2.1. <u>Recurso mano de obra: disponibilidad y calificación</u> .....	5
1.2.2. <u>Recursos económicos y financieros</u> .....	7
1.3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	8
1.3.1. <u>Frecuencia de suplementación</u> .....	8
1.3.1.1. Conclusiones en torno a la frecuencia de suplementación.	12
1.3.2. <u>Auto-suministro de suplemento en condiciones de pastoreo sobre pasturas mejoradas o en estabulación</u> .....	12
1.3.2.1. Uso de la sal común como limitadora del consumo. ....	13
1.3.2.2. Fibra (sin limitador de consumo). ....	15
1.3.2.3. Encierres de animales utilizando método de auto-suministro de suplemento.....	16
1.3.2.4. Conclusiones en torno al auto-suministro de suplemento sobre pasturas mejoradas y en confinamiento.....	17

1.3.3. <u>Suplementación invernal diaria sobre campo natural</u> .....	17
1.3.3.1. Campo natural sin diferir .....	17
1.3.3.2. Campo natural diferido .....	20
1.3.3.3. Conclusiones en torno a la suplementación diaria invernal sobre campo natural en general.....	22
1.3.4. <u>Suplementación por auto-suministro de suplementos sobre campo natural sin diferir</u> .....	22
1.3.3.3. Conclusiones en torno a la suplementación mediante auto- suministro sobre campo natural. ....	29
1.4. PROBLEMA IDENTIFICADO .....	31
1.4.1. <u>Hipótesis</u> .....	32
1.4.2. <u>Objetivos</u> .....	32
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	34
2.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	34
2.1.1. <u>Experimento A en la región de Areniscas</u> .....	34
2.1.2. <u>Experimento B en la región de Basalto</u> .....	34
2.2. ANIMALES .....	34
2.3. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	35
2.4. MEDICIONES Y ANÁLISIS DE MUESTRAS .....	39
2.4.1. <u>Sobre el forraje y el suplemento</u> .....	39
2.4.1.1. Disponibilidad.....	39
2.4.1.2. Altura de forraje .....	39
2.4.1.3. Composición botánica .....	40
2.4.1.4. Valor nutritivo.....	40

2.4.2. <u>Sobre los animales</u> .....	41
2.4.2.1. Peso vivo .....	41
2.4.2.2. Comportamiento animal.....	41
2.4.2.3. Mediciones de ultrasonido (composición tisular) .....	41
2.4.2.4. Ajuste de la suplementación.....	42
2.4.3. <u>Otras determinaciones</u> .....	42
2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	42
3. <u>RESULTADOS</u> .....	<u>45</u>
3.1. EXPERIMENTO A.....	45
3.1.1. <u>Forraje ofrecido</u> .....	45
3.1.1.1. Disponibilidad y altura .....	45
3.1.1.2. Valor nutritivo .....	48
3.1.2. <u>Animales</u> .....	49
3.1.2.2. Conducta.....	49
3.1.2.3. Respuesta animal .....	53
3.1.3. <u>Interacción forraje-suplemento-animal</u> .....	56
3.2. EXPERIMENTO B.....	60
3.2.1. <u>Forraje ofrecido</u> .....	60
3.2.1.1. Disponibilidad y altura .....	60
3.2.1.2. Valor nutritivo .....	63
3.2.2. <u>Animales</u> .....	65
3.2.2.1. Conducta.....	65
3.2.2.3. Respuesta animal .....	68
3.2.3. <u>Interacción forraje-suplemento-animal</u> .....	70

4. <u>DISCUSIÓN</u> .....	74
4.1. EXPERIMENTO A.....	74
4.1.1. <u>Forraje</u> .....	74
4.1.1.1. Disponibilidad y altura .....	74
4.1.1.2. Valor nutritivo .....	75
4.1.2. <u>Animales</u> .....	76
4.1.2.1. Conducta animal .....	76
4.1.2.2. Respuesta animal .....	77
4.1.3. <u>Interacción pastura-suplemento-animal</u> .....	80
4.2. EXPERIMENTO B.....	83
4.2.1. <u>Forraje</u> .....	83
4.2.1.1. Disponibilidad y altura .....	83
4.2.1.2. Valor nutritivo .....	84
4.2.2. <u>Animales</u> .....	85
4.2.2.1. Conducta animal .....	85
4.2.2.2. Respuesta animal .....	86
4.2.3. <u>Interacción pastura-suplemento-animal</u> .....	89
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	92
6. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	95
7. <u>ANEXOS</u> .....	111
7.1. ANEXO 1.....	112
7.2. ANEXO 2.....	113
7.3. ANEXO 3.....	114

7.4. ANEXO 4.....	115
Restricted self-feeding improved animal performance of rearing calves grazing on native grasslands during winter in extensive livestock production systems of Uruguay .....	115

## RESUMEN

La suplementación de terneros en su primer invierno sobre campo natural (CN) diferido es una herramienta estratégica para superar los déficits alimenticios normales. Sin embargo, las restricciones en disponibilidad de mano de obra pueden limitar su adopción. El objetivo de este trabajo fue evaluar la ganancia media diaria (gmd) y eficiencia del uso del suplemento (EUS) de terneros, comparando distintos métodos de auto-suministro, utilizando una ración con fibra sin limitador de consumo. Se realizaron dos experimentos (Exp): i) Exp A sobre areniscas y raza Braford y ii) Exp B sobre Basalto y raza Hereford. En cada experimento se utilizaron cuarenta terneros castrados durante su primer invierno sobre CN diferido, asignados al azar a dos repeticiones de los siguientes tratamientos: i) testigo sin suplementar (T); ii) suplementación todos los días (TLD); iii) suplementación restringida mediante auto-suministro con dos entregas semanales (ASR) de suplemento; iv) suplementación *ad libitum* mediante auto-suministro (ASA). Los tratamientos restringidos (TLD y ASR) fueron suplementados a una razón de 1,2% PV (Exp A) y 0,8% PV (Exp B). Para el Exp A, las gmd fueron menores en T (0,155 kg/an/día), similares entre TLD y ASR (0,623 kg/an/día, en promedio) y mayores para ASA (1,135 kg/an/día) ( $P < 0,05$ ). Para el Exp B, las gmd fueron  $T \leq TLD \leq ASR < ASA$ , siendo los valores 0,158, 0,390, 0,588 y 1,319 kg/an/día, para cada tratamiento, respectivamente. Para el Exp A, las EUS no presentaron diferencias ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos, a pesar que ASA presentó un valor 50% mayor (9,4) que ASR (6,2) y TLD (6,1). Para el Exp B, se registraron diferencias ( $P < 0,05$ ) entre los valores de EUS, siendo  $ASA (7,7) > TLD = ASR (3,9 \text{ promedio})$ . En un marco de intensificación sostenible, es posible mejorar las ganancias durante el período invernal mediante la combinación de CN diferido y suplementación, sin la necesidad de suplementar todos los días a los animales.

**Palabras clave:** auto-suministro; recría vacuna; invierno; campo natural.

## SUMMARY

### Effect of infrequent supplementation and self-feeding on beef calves grazing native grasslands

Supplementing calves during their first winter on deferred natural grasslands (NG) can help overcome normal winter nutritive deficits. However, restrictions on labour availability might limit its adoption. The objective of this research work was to evaluate the average daily live weight gain (ADG) and supplement use efficiency (SUE) as a response to self-feeding methods using a balanced ration with fibre without consumption limiter. Two experiments (Exp) were carried out: i) Exp A, on sandy soils with Braford calves and, ii) Exp B on basaltic soils with Hereford calves. In each experiment, 40 castrated male calves were used during their first winter, grazing deferred NG and were randomly allotted to one of two replicates of the following treatments: non-supplemented control (C); everyday supplementation (E); restricted self-feeding supplementation delivered two times a week (RSF); *ad libitum* self-feeding (ASF). Restricted supplementation treatments (E and RSF) used the following supplementation rates: 1.2 %LW (Exp A) and 0.8 %LW (Exp B). Exp A registered lowest ADG for T (0.155 kg/an/day), similar ADG between E and RSF (0.623 kg/an/day on average) and highest for ASF (1.135 kg/an/day) ( $P < 0.05$ ). For Exp B, treatments had a significant effect on ADG, being  $C \leq E \leq RSF < ASF$  (0.158, 0.390, 0.588 and 1.319 kg/an/day, for each treatment, respectively). SUE was not different ( $P > 0.05$ ) between treatments for Exp A, in spite of ASF presenting a 50% higher SUE (9.4) than RSF (6.2) and E (6.1). SUE values were affected by treatments in Exp B ( $P < 0.05$ ), being  $ASF (7.7) < E = RSF (3.9$  on average). Within a sustainable intensification context, it is possible to improve winter ADG of beef calves, combining deferred NG and restricted self-feeding, without the need of supplementing on a daily basis.

**Key words:** self-feeding; beef calves rearing; winter; native grasslands.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. LA CONCEPTUALIZACIÓN DE LA INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE DE LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS Y SEMI EXTENSIVOS DEL URUGUAY

La institucionalidad pública uruguaya ha impulsado un proceso de intensificación sustentable de su producción agropecuaria desde hace ya varios años. Dicha intensificación debe necesariamente estar orientada a fortalecer un modelo agro innovador, agro inteligente y agroexportador, cuyo objetivo es abastecer con alimentos inocuos, trazables, saludables y certificados a más de 50 millones de los consumidores en más de 100 mercados en el mundo en el año 2030 (Montossi y Cazzuli, 2015).

Al direccionamiento estratégico de las políticas públicas hacia la agropecuaria en general y a la ganadería en particular, se le suma el hecho que durante los últimos años se ha profundizado la necesidad productiva y económica de los productores ganaderos de mejorar la eficiencia productiva y económica de la recría de terneros en los sistemas extensivos y semi-extensivos del Uruguay (Montossi, 2013; Montossi *et al.*, 2014; Lagomarsino *et al.*, 2014; Lagomarsino y Brito, 2014; Luzardo *et al.*, 2014abc; Soares de Lima *et al.*, 2014). Desde un nivel microeconómico, es decir, desde el punto de vista de las empresas agropecuarias, esta necesidad ocurre especialmente al considerar la alta competencia que pueden tener otros rubros agropecuarios (ej. agricultura) frente a la ganadería generando un aumento en los costos de oportunidad. Asimismo, en el caso de predios de mayor escala, la competencia podría darse contra otras actividades económicas no agropecuarias en las que sea más atractivo invertir el capital desde el punto de vista empresarial.

Una alternativa para la intensificación ganadera que identifican varios autores (Simeone *et al.*, 2010; Beretta *et al.*, 2010; Beretta *et al.*, 2013a; Simeone, 2013; Luzardo *et al.*, 2014abc; Cazzuli *et al.*, 2016) es la mejora

del plano alimenticio a través de mejores pasturas y/o suplementación durante el invierno en la recría bovina. Esto se considera como una herramienta tecnológica estratégica para acelerar el crecimiento del ternero en su primer año de vida.

Al analizar los sistemas productivos como tales, una aceleración del crecimiento del ternero en su primer año de vida tiene efectos positivos en la reducción de la edad de faena (Simeone *et al.*, 2010; Luzardo *et al.*, 2014a), una mejora de la eficiencia productiva (individual y por unidad de superficie) (Luzardo *et al.*, 2014abc), así como un aumento del ingresos de estos sistemas ganaderos (Simeone, 2013).

En este sentido, Montossi *et al.* (2014) realizaron una modelación de cuatro posibles escenarios productivos (CN: campo natural; PP: praderas permanentes artificiales; supl: suplementación.

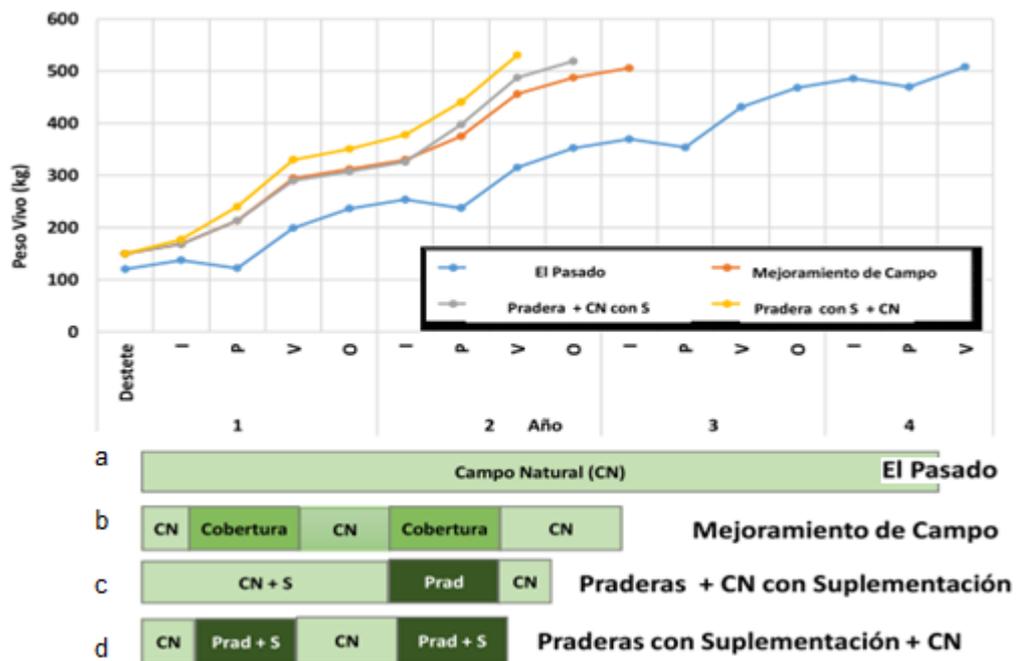
Figura 1) para conocer el impacto de la intensificación en sistemas ganaderos extensivos basados fundamentalmente en una base forrajera de campo natural. Los cuatro escenarios simulados de sistemas productivos con intensificación creciente fueron:

- a) “El pasado”: el proceso tradicional de recría e internada que ocurre exclusivamente sobre campo natural.
- b) “Mejoramiento de campo natural”: mejoramientos de campo con siembra en cobertura (lotus + trébol blanco) utilizados para acelerar la recría y la terminación, fundamentalmente durante los meses de otoño y primavera.
- c) “Praderas más campo natural suplementado”: el proceso de recría ocurre sobre campo natural con suplementación energética en invierno, mientras que las praderas de alta productividad (gramíneas perennes + trébol blanco + lotus) son utilizadas preferentemente en la fase final de engorde.
- d) “Praderas suplementadas más campo natural”: praderas de alta productividad (gramíneas perennes + trébol blanco + lotus) con

suplementación energética utilizadas tanto en la fase de recría como de engorde, con la excepción del verano donde se utiliza solo el campo natural.

La CN: campo natural; PP: praderas permanentes artificiales; supl: suplementación.

Figura 1 presenta la evolución del peso vivo individual de los animales para cada uno de los escenarios planteados.



CN: campo natural; PP: praderas permanentes artificiales; supl: suplementación.

Figura 1. Impacto de la intensificación de la invernada sobre el crecimiento de los animales y su edad de faena (adaptado de Montossi *et al.*, 2014).

La edad de faena de los animales se reduce a medida que se intensifica el sistema de recría e invernada (a>b>c>d), pasando de más de 4 años en el escenario “a” hasta menos de 26 meses en el escenario “d”.

Por otro lado, los resultados productivos y económicos globales de esta modelación se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Impacto de la intensificación sobre la productividad e ingreso del sistema productivo (adaptado de Montossi *et al.*, 2014).

Sistema evaluado	Prod (PV/ha)	MB (U\$S/ha)
A	101	42
B	158	98
C	185	121
D	237	173

Sistemas: a) "el pasado"; b) "mejoramiento de campo natural"; c) "praderas más campo natural suplementado"; d) "praderas suplementadas más campo natural"; Prod: producción en kg de peso vivo (PV)/ha; MB: margen bruto calculado como producto bruto menos costos totales asociados a la actividad en U\$S/ha.

Como lo demuestran los autores, no solo el proceso de recría y engorde se ven acelerados con el proceso de intensificación creciente, si no que ésta a su vez repercute positivamente en la productividad por unidad de superficie y el ingreso económico.

Entre los beneficios ya mencionados de la intensificación de los sistemas ganaderos por acelerar la fase de recría durante el primer año de vida, también se encuentran otros a destacar: i) reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (Clariget *et al.*, 2015), ii) mejora de la eficiencia del uso del agua (Capper, 2010 citado por Capper, 2011) y iii) mejora en la calidad de la canal y la carne (Luzardo *et al.*, 2014ab), lo cual se asocia principalmente a la reducción de la edad de faena de los novillos.

## 1.2. RESTRICCIONES PARA LA INTENSIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS GANADEROS

A pesar de la conveniencia de la intensificación sostenible de los sistemas ganaderos, existen algunos factores que podrían estar limitando la implementación de algunas prácticas tendientes a la intensificación.

La intensificación requiere de un aumento y/o mejora de la gestión del uso de algunos recursos, por ejemplo, recursos humanos y económicos.

### 1.2.1. Recurso mano de obra: disponibilidad y calificación

Uno de los recursos necesarios para llevar adelante la intensificación propuesta es la disponibilidad de mano de obra -en cantidad y calificación-, ya que en general, ésta va asociada a un aumento en el uso de este recurso. En este sentido, Malaquin (2009) señala la falta de disponibilidad y baja calificación del personal asalariado en la ganadería extensiva del Uruguay.

Gómez-Miller *et al.* (2011) caracterizaron productores de los alrededores de Tacuarembó y encontraron que los mismos van ajustando sus sistemas de producción en función de la evolución del contexto en el que están inmersos, por ejemplo por factores asociados a las variaciones de las relaciones de precios y/o dificultades operativas. Estos autores señalan que dichos productores han adoptado estrategias de priorización para alcanzar un aumento en los ingresos extra-prediales, por ejemplo destinando mayor proporción de mano de obra familiar para este fin. Si este fuera el caso, gran parte del tiempo laboral familiar se vería dirigido hacia afuera del sistema, con lo cual la disponibilidad de mano de obra familiar hacia adentro del sistema productivo se vería disminuida, lo que supondría una limitante a la hora de proponer un proceso de intensificación productiva.

Según el estudio realizado por Domínguez (2008), en el medio rural disperso del Uruguay, la tendencia que se observa es la reducción de su población total, así como su envejecimiento. Específicamente, la población económicamente activa agropecuaria descendió en un 15% en el período

1985-2006, acompañando esta tendencia con indicadores educativos de este sector de la población que están muy por debajo de los obtenidos por otros sectores de la economía. Además, este mismo estudio demostró que la tasa de desempleo disminuyó significativamente en el período considerado, especialmente en el medio rural disperso. Complementariamente, Malaquin (2009) menciona que la mano de obra exclusivamente familiar también disminuyó en un 25% en el período 1994-2008.

En resumen, la situación actual así como las perspectivas futuras, muestran una tendencia hacia la reducción de la fuerza de trabajo rural, tanto asalariada como benévola. Varios autores (Simeone *et al.*, 2010; Simeone, 2013; Brito *et al.*, 2014; Lagomarsino y Brito, 2014; Rovira y Echeverría, 2014a; Lagomarsino *et al.*, 2014) mencionan la restricción en disponibilidad y calificación de la mano de obra para efectivizar los procesos de intensificación productiva, como lo puede ser la suplementación sobre pasturas. Esta restricción es considerada una limitante para la adopción de tecnologías de alto impacto productivo y de ingreso económico positivo para la ganadería del Uruguay (Malaquín *et al.*, 2012).

Según Malaquín *et al.* (2012) la región noroeste del Uruguay es un lugar donde los cambios en el uso del suelo han sido casi inexistentes y los cambios técnicos han sido lentos, específicamente sobre suelos de Basalto. Estos mismos autores argumentan que, si bien las estrategias de los ganaderos para mantenerse en el rubro han sido explicadas, por lo general, sobre fundamentos técnicos-económicos, el sistema social es un aspecto clave a la hora de comprender estos fenómenos y ha sido un área poco explorada. Específicamente, Malaquin (2009) señala que existen determinados factores sociales que amenazan la continuidad de las explotaciones en el largo plazo, uno de los cuales la falta de disponibilidad y baja calificación del personal asalariado.

Es por esto, que es necesario generar nuevas alternativas tecnológicas que permitan hacer un uso más eficiente de la mano de obra cada vez más

escasa y menos calificada, particularmente en las regiones ganaderas más extensivas donde esta limitante se potencializa. En este sentido, con el objetivo de favorecer una mayor adopción de las tecnologías de suplementación invernal de terneros sobre campo natural –momento en el cual la alimentación deficiente de esta categoría animal es especialmente restrictiva para expresar el potencial productivo de esta categoría (Rovira y Echeverría, 2014b) – la investigación nacional debe diseñar estrategias que contemplen estas limitaciones en disponibilidad y calificación de los recursos humanos de los que dispone la ganadería. La suplementación con comederos de auto-suministro supone la disponibilidad permanente del alimento en el comedero y la posibilidad de controlar el consumo por parte del animal en el nivel deseado, considerando la oferta de forraje y los objetivos de producción planteados (Beretta *et al.*, 2013b).

#### 1.2.2. Recursos económicos y financieros

A parte de la mano de obra, otro de los recursos muchas veces limitantes para la intensificación sustentable es el recurso financiero-económico, por ejemplo en casos de suplementación sobre pasturas. Knapp y Fernandez-Gimenez (2009) realizaron un estudio en el oeste de los Estados Unidos, a través de entrevistas a ganaderos extensivos y semi-extensivos, encontrando que la restricción económica es uno de los principales factores que limitan poner en práctica determinados conocimientos, los que se asocian a la adopción de innovaciones.

Es en este sentido que un control sobre el costo asociado a la suplementación y/o la eficiencia de conversión de la ración se torna imprescindible. Muchos de los trabajos de investigación nacionales que incorporaron sistemas de auto-suministro del suplemento implican el uso de sal que encarece la aplicación de esta práctica (Soares de Lima *et al.*, 2014) y diluye la concentración de nutrientes en la ración ofrecida. Una forma de evitar el uso de sal puede ser la suplementación con ración con fibra en régimen *ad libitum*, como es el caso de los ensayos de Rovira (2014). No

obstante, según Hepola (2003), una desventaja de la alimentación *ad libitum* en comparación con la alimentación restringida es la viabilidad económica, dadas las altas cantidades de alimento que se necesitan en el primer caso y eventualmente una deficiente eficiencia del uso del suplemento. Por ende, el control de esta eficiencia es un aspecto clave al momento de proponer alternativas económicas tendientes a la intensificación, como lo puede ser la suplementación sobre pasturas durante el invierno.

### 1.3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La suplementación invernal de las categorías de recría constituye una de las opciones para incrementar la productividad de los sistemas de producción ganaderos, tanto por la vía de la mejora en el desempeño animal individual como por las posibilidades que brinda relativas al incremento de la carga en el sistema. Es una alternativa de rápida implementación y logro de resultados, en contraste con la implantación de mejoramientos o praderas, cuyos resultados productivos se obtienen más tardíamente y son más dependientes de las condiciones climáticas (Soares de Lima *et al.*, 2014).

#### 1.3.1. Frecuencia de suplementación

Disminuir la frecuencia de la suplementación – definida como la cantidad total semanal de suplemento ofrecida, fraccionada en distintos intervalos - le ofrece al productor una oportunidad para disminuir el tiempo, esfuerzo y equipamiento destinado a esta práctica (Farmer *et al.*, 2001). En esta sección se presenta resumidamente una serie de resultados de investigación relacionados a este tema (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resumen de resultados de investigación en torno a frecuencia de suplementación.

<b>Fuente</b>	<b>BF</b>	<b>Biotipo</b>	<b>Supl</b>	<b>Variable Respuesta</b>	<b>Δ TLD vs. Infr</b>	<b>Trat infr</b>
Chase y Hibberd (1989)	Heno	BRI	E	% DMO	ns	DPM
				Cmo heno	ns	
				Cmo total	ns	
				Cmo MS digestible	↓	
Moriel <i>et al.</i> (2012)	Heno	IND x BRI	E	gmd	ns	3SEM
				reproducción*	↓	
Ruggia <i>et al.</i> (2014)	Av	HOL	E	gmd	ns	LaV
Simeone <i>et al.</i> (2006)	Rg	BRI	E	gmd	ns	1SEM
				Cmo Rg	ns	
				Cmo forraje	ns	

				Cmo suplemento	ns	
Melton y Riggs (1964)	CN	BRI	P	% DTT	ns	3SEM y 2SEM
				PV DTT	ns	
Huston <i>et al.</i> (1999)	CN	IND x BRI	P	Cmo suplemento	↓**	3SEM y 1SEM
				Cmo forraje	↓**	3SEM y 1SEM
				PV	↓**	
Beaty <i>et al.</i> (1994)	CN	BRI	E-P	PV parto	↓	3SEM
				Cmo forraje	↓	
				reproducción*	↓	
La Manna <i>et al.</i> (2001)	Heno	BRI	E	Cmo MS orgánica	↓	DPM y C3D

Cooke <i>et al.</i> (2008)	Gram	IND x BRI	E	Gmd	↓	3SEM
				edad pubertad	↓	
Cooke <i>et al.</i> (2007)	Gram	IND x BRI	E	Gmd	↓	3SEM
				Cmo total	ns	
Farmer <i>et al.</i> (2001)	CN	BRI	P	Gmd	ns	3SEM y 2SEM
				% utilización CN	↓	
Lagomarsino <i>et al.</i> (2014)	PP	BRI	E-P	Gmd	ns	LaV y DPM
				PV	ns	

BF: base forrajera; Supl: suplemento utilizado; Δ: diferencia en términos de variable de respuesta (↑: diferencia a favor de infrecuente; 0: no hay diferencias  $P > 0.05$ ; ↓: diferencia en contra de infrecuente); TLD: suplementación diaria (todos los días); Infr: suplementación infrecuente; Trat infr: frecuencia de suplementación de los tratamientos infrecuentes; Av: avena; Rg: ryegrass; CN: campo natural; Gram: pastura cultivada con predominio de gramínea perenne; PP: pradera permanente; BRI (británico); CONT (continental); IND (índico); HOL (Holando); E: concentrado energético; P: concentrado proteico; MS: materia seca; \*: parámetros reproductivos varios (condición corporal, fecha parto, preñez, etc.); \*\*: diferencias significativas pero aceptables en esquemas productivos; DMO: digestibilidad de la materia orgánica; Cmo: consumo; gmd: ganancia media diaria; DTT: destete; PV: peso vivo; DPM: día por medio; LaV: lunes a viernes; 3SEM: tres veces por semana; 2SEM: dos veces por semana; 1SEM: una vez por semana; C3D: cada tres días.

#### 1.3.1.1. Conclusiones en torno a la frecuencia de suplementación.

Según todas las experiencias de investigación revisadas en torno a la frecuencia de suplementación en pastoreo o con el uso de una base alimenticia de heno, se observa que en términos generales fue posible reducir la frecuencia afectando escasamente o en forma nula el desempeño animal. En general, en aquellos casos en que la frecuencia diaria de suplementación (TLD) fue significativamente superior para la producción animal con respecto al resto de las frecuencias evaluadas, las diferencias fueron consideradas de escasa magnitud o incluso irrelevantes en términos productivos.

#### 1.3.2. Auto-suministro de suplemento en condiciones de pastoreo sobre pasturas mejoradas o en estabulación.

Por “auto-suministro” se entiende “el suministro de un suplemento en un comedero especialmente diseñado para que el mismo descienda al tiempo que los animales lo van consumiendo, de manera que, mientras quede el alimento en el depósito del comedero, los animales dispongan de todo el suplemento que deseen consumir”.

Una de las principales inquietudes con relación a la implementación del sistema de auto-suministro (o “autoconsumo”) de suplemento es cómo regular el mismo en el nivel deseado de consumo de acuerdo a la tasa de suplementación diaria promedio objetivo esperada. Para que la técnica sea efectiva, es necesario respetar una cierta cantidad máxima de terneros por comedero. Además de la variabilidad natural que es esperable encontrar en el consumo individual de los animales, es necesario considerar otros factores que hacen al éxito de este sistema de alimentación tales como la palatabilidad de la ración o la disponibilidad y cantidad de forraje, ya que todo esto podría estar afectando la respuesta esperada en consumo (Beretta y Simeone, 2013).

#### 1.3.2.1. Uso de la sal común como limitadora del consumo.

Una forma de limitar el consumo en esquemas de auto-suministro de suplementos con asignación diaria de ración restringida, es mediante el agregado de sal común a la misma (Rovira y Echeverria, 2014a; Beretta y Simeone, 2013; Rich *et al.*, 1976). Este es un método extendido en regiones ganaderas debido al ahorro en mano de obra y tiempo que permite esta tecnología (Rovira y Echeverria, 2014a). Beretta y Simeone (2013) afirman que el consumo observado en estos esquemas es relativamente estable entre semanas, entre días y dentro de un mismo día; la importancia de esto radica en que el consumo total y la estabilidad del mismo incidirán en la respuesta animal en su conjunto. En esta sección se presenta resumidamente una serie de resultados de investigación relacionados a este tema (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resumen de resultados de investigación en torno al auto-suministro de suplemento utilizando sal como limitadora del consumo.

Fuente	BF	Biotipo	Supl	Tratamientos*	Resultados
Chicco <i>et al.</i> (1971)	Gram	CRU	E	AS con NaCl	gmd T < gmd supl
				AS sin NaCl	gmd NaCl = gmd sin NaCl
Beretta <i>et al.</i> (2015)	Av	BRI	E	TLD	gmd T < gmd supl
				AS	gmd TLD = gmd AS
Beretta <i>et al.</i> (2013a)	Rg	BRI	E	TLD	gmd T < gmd supl
				AS	gmd TLD = gmd AS
Beretta <i>et al.</i> (2013b)	PP	BRI	E-P	TLD	gmd T < gmd supl
				AS	gmd TLD = gmd AS

BF: base forrajera; Supl: suplemento utilizado o tratamientos suplementados; \*: tratamientos relevantes a los efectos de este trabajo; los signos ">, =, <" se refieren a mayor, igual o menor resultados con significancia estadística ( $P < 0,05$ ); Av: avena; Rg: ryegrass; Gram: pastura cultivada con predominio de gramínea perenne; PP: pradera permanente; CRU (cruzas varias); BRI (británico); E: concentrado energético; P: concentrado proteico; T: testigo sin suplementar; AS: auto-suministro; TLD: suplementación diaria (todos los días).

Claramente, el uso de sal como limitador de consumo en esquemas de auto-suministro de suplemento utilizando concentrados energéticos o energético-proteicos, permite lograr resultados productivos similares a los obtenidos con esquemas de suplementación diaria y lineal.

### 1.3.2.2. Fibra (sin limitador de consumo).

En esta sección se presenta resumidamente una serie de resultados de investigación relacionados a la suplementación mediante auto-suministro utilizando fibra (sin limitador de consumo) (Cuadro 4). Los biotipos utilizados fueron todos de origen británico y la base forrajera fue en ambos casos un mejoramiento de campo.

Cuadro 4. Resumen de resultados de investigación en torno al auto-suministro de suplemento utilizando fibra (sin limitador de consumo)

Fuente	Supl	RS	Tratamientos*	Resultados*
Rovira y Echeverría (2014a)	E/E-P	<i>ad libitum</i>	AS con NaCl	gmd Fibra > gmd NaCl
			AS con fibra	EUS Fibra = EUS NaCl
Rovira (2014)	E-P	<i>ad libitum</i>	T	gmd T < gmd Supl
			AS con fibra	

BF: base forrajera; Supl: suplemento utilizado o tratamientos suplementados; RS: razón de suplementación (%PV); \*: tratamientos y resultados relevantes a los efectos de este trabajo; los signos ">, =, <" se refieren a mayor, igual o menor resultados con significancia estadística ( $P < 0,05$ ); E: concentrado energético; P: concentrado proteico; gmd: ganancia media diaria; EUS: eficiencia de uso del suplemento; T: testigo sin suplementar; AS: auto-suministro.

En estas dos experiencias, se establece que la suplementación mediante un esquema de auto-suministro tiene respuestas positivas en el desempeño animal. Además, el uso de fibra en lugar de sal permite lograr mayores ganancias con eficiencia similares del uso de suplemento.

1.3.2.3. Encierres de animales utilizando método de auto-suministro de suplemento.

Elizalde (2013) sostiene que el suministro de alimentos voluminosos en forma de auto-suministro en confinamiento es una técnica sumamente sencilla y relativamente fácil de implementar. No obstante, para poder implementar esta práctica con este tipo de alimentos, es imprescindible tener un control estricto y no confiar en que el sistema se maneja por sí mismo. En esta sección se presenta resumidamente una serie de resultados de investigación relacionados a la suplementación mediante auto-suministro en confinamiento (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resumen de resultados de investigación en torno al auto-suministro en confinamiento

Fuente	Tratamientos*	Resultados*
Simeone <i>et al.</i> (2013b)	TLD	gmd TLD = gmd AS cmo MS TLD = cmo MS AS
	AS	EUS TLD = EUS AS
Simeone <i>et al.</i> (2013c)	TLD	gmd TLD = gmd AS EUS TLD = EUS AS AOB TLD = AOB AS
	AS	EGS TLD = EGS AS
Simeone <i>et al.</i> (2013e)	TLD	gmd TLD = gmd AS
	AS	cmo MS TLD = cmo MS AS

*Supl:* suplemento utilizado o tratamientos suplementados; *RS:* razón de suplementación; *PV:* peso vivo; \*: tratamientos y resultados relevantes a los efectos de este trabajo; los signos ">, =, <" se refieren a mayor, igual o menor resultados con significancia estadística ( $P < 0,05$ ); *cmo MS:* consumo de materia seca; *gmd:* ganancia media diaria; *EUS:* eficiencia de uso del suplemento; *AOB:* área de ojo de bife; *EGS:* espesor de grasa subcutánea; *TLD:* suplementación diaria (todos los días); *AS:* auto-suministro.

La suplementación diaria y el auto-suministro de ración no generó resultados productivos distintos entre estos dos métodos para las variables analizadas.

#### 1.3.2.4. Conclusiones en torno al auto-suministro de suplemento sobre pasturas mejoradas y en confinamiento

En todas las experiencias de investigación aquí presentadas, tanto utilizando sal como limitador de consumo o fibra, no se registraron diferencias entre la suplementación diaria y la suplementación mediante auto-suministro. Por lo tanto, se concluye que sobre bases forrajeras mejoradas o terneros en confinamiento, el método de auto-suministro de suplemento es una opción válida para lograr desempeños similares y simultáneamente mejorar la eficiencia en el uso de mano de obra.

#### 1.3.3. Suplementación invernal diaria sobre campo natural

La suplementación es una herramienta de manejo que permite mejorar la respuesta productiva de los animales. El incremento de los niveles nutricionales en momentos de demandas fisiológicas claves, pueden llevarse adelante de diversos modos en términos de agregado extra de nutrientes, particularmente casos de limitantes de disponibilidad de forraje o que exista un inadecuado balance del punto de vista nutricional (Quintans, 2014) como es el caso del campo natural durante los meses invernales, particularmente dominados por especies de gramíneas perennes estivales de baja productividad y/o valor nutritivo invernal.

##### 1.3.3.1. Campo natural sin diferir

#### Suplementación con silo de grano húmedo de sorgo

En esta sección se presenta resumidamente una serie de resultados de investigación relacionados a la suplementación en general sobre campo natural, utilizando silo de grano húmedo de sorgo (Cuadro 6). La razón de suplementación utilizada siempre estuvo situada entre 1 y 1,5 %PV y la categoría animal utilizada fue siempre terneros en su primer invierno.

Cuadro 6. Resumen de resultados de investigación en torno a la suplementación en general sobre campo natural sin diferir, utilizando silo de grano húmedo de sorgo.

Fuente	Tratamientos*	Resultados*
Rovira y Velazco (2012)	SGH	gmd T < gmd Supl
	SGH + P	gmd SGH < gmd SGH + P
Benítez <i>et al.</i> (2012)	SGH	gmd SGH < gmd SGH + P
	SGH + P	
Rovira <i>et al.</i> (2012)	SGH	gmd T < gmd Supl
	SGH + P	gmd SGH ≤ gmd SGH + P
Rovira y Echeverría (2014b)	SGH	gmd T = gmd SGH
	SGH + P	gmd SGH ≤ gmd SGH + P EUS SGH ≥ EUS SGH + P

\*: *tratamientos y resultados relevantes a los efectos de este trabajo; los signos ">, =, <" se refieren a mayor, igual o menor resultados con significancia estadística (P<0,05); Supl: tratamientos suplementados; SGH: silo de grano húmedo de sorgo; P: suplementación proteica; gmd: ganancia media diaria; EUS: eficiencia de uso del suplemento; T: testigo sin suplementar.*

Mientras que los tratamientos sin suplementar (T) generaron ganancias negativas o cercanas un nivel de mantenimiento de PV, la mayoría de los tratamientos suplementados solamente con SGH lograron ganancias positivas: salvo por un caso cercano al mantenimiento, donde las ganancias oscilaron entre 0,190 y 0,493 kg/an/día. Si al SGH además se le agregaba una fuente proteica suplementaria, las ganancias, en general, se diferenciaban de los tratamientos sin agregado de fuente proteica, lográndose ganancias entre 0,182 y 0,632 kg/an/día. Las eficiencias

logradas, en general, se ubicaron entre 13 y 4 kg de suplemento por kg de PV generado.

#### Suplementación con afrechillo de arroz

Quintans (2014) presentó un resumen de resultados de suplementación sobre campo natural sin diferir de terneras durante su primer invierno de vida, información que se presenta adaptada del trabajo original en el (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resumen de trabajos de suplementación invernal de terneras sobre campo natural (adaptado de Quintans, 2014).

<b>Fuente</b>	<b>Suplemento</b>	<b>%PV</b>	<b>Carga (UG/ha)</b>	<b>gmd (kg/an/día)</b>	<b>Disp. promedio (kgMS/ha)</b>
Quintans <i>et al.</i> (1993)	AA entero	0,7	0,85	0,193	1500
Quintans y Vaz Martins (1994)	AA entero	0,7	1,30	0,200	2500
Quintans (1994)	AA desgrasado	1,5	0,80	0,230	1800

AA: afrechillo de arroz; PV: peso vivo; %PV: razón de suplementación en base seca; UG: unidad ganadera equivalente a 380 kg PV; gmd: ganancia media diaria; Disp.: disponibilidad; MS: materia seca.

Las ganancias bajo estos regímenes de suplementación son todas positivas, durante los meses invernales en los que los tratamientos testigo siempre arrojaron ganancias negativas de PV. Con estas tres experiencias, se señala la conveniencia de suplementar con afrechillo de arroz sobre campo natural, si el objetivo perseguido son ganancias positivas y moderadas.

#### 1.3.3.2. Campo natural diferido

Lagomarsino *et al.* (2014) realizaron una experiencia de suplementación infrecuente sobre campo natural diferido de Basalto (junio a setiembre), utilizando afrechillo de arroz como suplemento. Se trabajó con una razón de suplementación del 0,8% PV y cargas de 2,18 y 2,20 terneros/ha en el Año 1 y Año 2, respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados de ensayo de suplementación infrecuente de terneros sobre campo natural con afrechillo de arroz (adaptado de Lagomarsino *et al.*, 2014).

Parámetros	Año 1				Año 2			
	T	TLD	LaV	DpM	T	TLD	LaV	DpM
PV final (kg)	223 b	275 a	284 a	287 a	232 b	257 a	262 a	255 a
gmd (kg/an/día)	0,119 c	0,570 b	0,637 ab	0,661 a	0,406 b	0,635 a	0,676 a	0,612 a
EUS (kg PV/kg MS)*	-	4,1	3,7	3,6	-	7,5	6,4	8,4

*T: testigo sin suplementar; TLD: suplementación todos los días; LaV: suplementación de lunes a viernes; DpM: suplementación día por medio; PV: peso vivo; gmd: ganancia media diaria; EUS: eficiencia del uso del suplemento; Letras distintas dentro de una misma fila y dentro de un mismo año de evaluación señalan diferencias significativas entre columnas (P<0,05).*

Se registró una respuesta animal positiva a la suplementación sobre campo natural diferido en el invierno. La proporción de restos secos del Año 1 llegó al 50%, mientras que en el Año 2 esta proporción fue de 37%, lo que repercutió en el desempeño animal de cada año, especialmente en los tratamientos sin suplementar (T). Se destaca que estos tratamientos no perdieron peso en ninguno de los dos años evaluados, debido a una correcta aplicación del diferimiento de forraje previo al inicio del experimento desde el otoño al invierno.

#### 1.3.3.3. Conclusiones en torno a la suplementación diaria invernal sobre campo natural en general.

Prácticamente todas las experiencias presentaron respuesta positiva a la suplementación invernal, independientemente del tipo de suplemento utilizado y la presencia o no de forraje diferido. Utilizando el silo grano húmedo de sorgo, la respuesta animal en osciló entre 0,188 y 0,632 kg/an/día, si bien se registraron casos puntuales de ausencia de respuesta. Al utilizar afrechillo de arroz, siempre se registraron respuestas positivas en la ganancia de PV, si bien la magnitud de ésta dependió de la acumulación previa de forraje, ya que con diferimiento de forraje, las ganancias logradas fueron superiores que sin acumulación previa otoñal.

#### 1.3.4. Suplementación por auto-suministro de suplementos sobre campo natural sin diferir

Quintans *et al.* (2013) trabajaron con terneros de razas carniceras de  $77 \pm 14$  días de edad, para determinar el efecto sobre su crecimiento de la utilización de comederos de auto-suministro durante el destete precoz. Los tratamientos eran: acostumbramiento diario en bateas y suministro posterior diario en bateas (TLD-TLD); acostumbramiento diario en bateas y suministro posterior en comederos de auto-suministro (TLD-AS); acostumbramiento en comederos de auto-suministro y suministro posterior en comederos de auto-suministro (AS-AS). Cuando la ración era suministrada mediante auto-suministro (AS) siempre era mezclada con cáscara de arroz como fibra a

razón de 2,5% PV. Cuando la ración era suministrada diariamente, no se le agregaba fibra a la misma.

Durante el período de acostumbramiento, solamente los tratamientos con acostumbramiento con suplementación diaria en bateas (TLD-TLD y TLD-AS) registraron pérdidas de PV, mientras que al utilizar comederos de auto-suministro en esta fase (AS-AS), los animales presentaron ganancias de PV. Durante la etapa posterior, los animales que se suplementaban con comederos de auto-suministro (TLD-AS y AS-AS) presentaron ganancias significativamente superiores a TLD-TLD ( $P < 0,05$ ). En esta segunda etapa, el consumo de suplemento fue mayor para los animales suplementados con comederos de auto-suministro (TLD-AS y AS-AS). No obstante, los animales que utilizaron estos comederos presentaron valores de eficiencia mayores que los animales que no consumieron nunca ración con fibra mediante auto-suministro (TLD-TLD). Se concluye que el método de auto-suministro presentó las ganancias más elevadas, pero a costo de una eficiencia de uso del suplemento que cuestionan la viabilidad económica de la práctica.

Simeone *et al.* (2006) y Simeone *et al.* (2013a) llevaron adelante un ensayo con terneros pastoreando campo natural de Basalto y evaluaron la suplementación con una ración comercial energético-proteica, en el período comprendido entre junio y agosto. Los detalles experimentales se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Condiciones experimentales de ensayo de suplementación por auto-suministro con terneros sobre campo natural (adaptado de Simeone *et al.*, 2013a).

<b>Condiciones experimentales</b>	
Categoría animal	Terneras
PV inicial (kg)	154
Carga (cab/ha)	1,5
Razón de suplementación (%PV)*	1
Limitador de consumo	NaCl
Razón de limitador (% mezcla BF)	11
Suplemento	Ración 14 %PC
Frecuencia suplementación	TLD AS
PC pastura (%)	11,3
Disponibilidad de forraje (kg MS/ha)	941

*PV: peso vivo; BF: base fresca; PC: proteína cruda; \* en base seca; TLD: suplementación todos los días; AS: suplementación mediante auto-suministro.*

El método de pastoreo fue continuo. Los comederos de auto-suministro eran llenados cada 7 días, con cantidad equivalente a 10 días de suministro. El Cuadro 10 presenta los resultados obtenidos del ensayo.

Cuadro 10. Resultados de ensayo de suplementación de terneros por auto-suministro sobre campo natural (adaptado de Simeone *et al.*, 2013a).

Parámetros	T	TLD	AS
gmd (kg/an/día)	-0,237 c	0,260 b	0,348 a
EUS (kg PV/kg MS)*	-	3,2	3,7

*T: testigo sin suplementar; TLD: suplementación diaria; AS: suplementación por auto-suministro; gmd: ganancia media diaria; PV: peso vivo; MS: materia seca; EUS: eficiencia de uso del suplemento; Letras distintas dentro de una misma fila señalan diferencias significativas entre columnas (P<0,01).*

La pastura presentó en promedio 32% de restos secos durante el período experimental. La frecuencia de visitas al comedero fueron significativamente superiores (P<0,05) para AS en comparación con TLD, lo que asociado a un mayor consumo promedio diario (P<0,01), explica el mejor desempeño del primer tratamiento con respecto al segundo. La actividad relacionada al consumo de forraje fue estable entre semanas y entre días de una misma semana (P<0,05).

Simeone *et al.* (2013d) evaluaron la utilización del auto-suministro en programas de suplementación con nitrógeno no proteico (NNP) de lenta liberación para terneros pastoreando campo natural. El experimento tuvo lugar entre los meses de julio y octubre. Las condiciones experimentales de esta experiencia se detallan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Condiciones experimentales de ensayo de suplementación por auto-suministro con terneros sobre campo natural (adaptado de Simeone *et al.*, 2013d).

<b>Condiciones experimentales</b>	
Categoría animal	Terneros
PV inicial (kg)	159
Carga (cab/ha)	1,33
Razón de suplementación (%PV)*	1
Limitador de consumo	NaCl
Razón de limitador (% mezcla BF)	10
Suplemento	HS NNP LL
Frecuencia suplementación	AS
PC pastura (%)	8,7
Disponibilidad de forraje (kg MS/ha)	1819

*PV: peso vivo; BF: base fresca; HS: ración de harina de soja como fuente proteica; NNP LL: ración con fuente de NNP de liberación lenta; AS: suplementación por auto-suministro; PC: proteína cruda; MS: materia seca; \* en base seca.*

El método de pastoreo fue continuo. Los tratamientos suplementados fueron mediante comederos de auto-suministro, los cuales eran llenados cada 7 días, asegurándose siempre la disponibilidad del suplemento en el comedero.

Los resultados de esta experiencia se resumen en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Resultados de ensayo de suplementación de terneros por auto-suministro sobre campo natural (adaptado de Simeone *et al.*, 2013d).

Parámetros	T	HS	NNP LL
PV final (kg)	180 c	217 a	206 b
gmd (kg/an/día)	0,188 c	0,678 a	0,540 b
EUS (kg PV/kg MS)*	-	5,1	6,1

T: testigo sin suplementar; HS: ración de harina de soja como fuente proteica; NNP LL: ración con fuente de NNP de liberación lenta; PV: peso vivo; gmd: ganancia media diaria; EUS: eficiencia de uso del suplemento; MS: materia seca; Letras distintas dentro de una misma fila señalan diferencias significativas entre columnas ( $P < 0,05$ ).

La pastura presentó un 14,4% de restos secos en promedio a lo largo del período experimental. El auto-suministro con estas dos raciones demostró ser una forma de suplementación que significó mejoras significativas en la respuesta animal.

Soares del Lima *et al.* (2014), compararon márgenes brutos por animal basados en las eficiencias de uso del suplemento de ensayos de suplementación sobre campo natural durante en invierno, realizados con sal como limitador de consumo en comparación al uso de ración con fibra (sin limitador de consumo) *ad libitum*. Según estos autores, los mejores resultados de eficiencia de uso del suplemento se dan al utilizar ración con fibra lo que coincide con el mejor margen bruto de la actividad, al compararlo con el uso de sal. En este sentido, Rovira (2014) realizó un experimento con terneros sobre campo natural utilizando ración con fibra (sin limitador de consumo) entre los meses de julio y octubre. Se presenta más información de esta experiencia en el

Cuadro 13.

Cuadro 13. Condiciones experimentales de ensayo de suplementación por auto-suministro con terneros sobre campo natural (adaptado de Rovira, 2014).

<b>Condiciones experimentales</b>	
Categoría animal	Terneros
PV inicial (kg)	185
Carga (cab/ha)	3
Razón de suplementación	<i>Ad libitum</i>
Presencia de fibra	Cáscara de arroz
Suplemento	(T) Ración con fibra 14% PC
Frecuencia suplementación	AS
PC pastura (%)	12,5
Disponibilidad CN (kg MS/ha)	1885-2899

*PV: peso vivo; (T): testigo sin suplementar; AS: suplementación por auto-suministro; PC: proteína cruda; CN: campo natural; MS: materia seca.*

El método de pastoreo fue continuo y los restos secos significaron un rango de 50-56% del forraje total. Los detalles de producción animal se presentan en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Resultados de ensayo de suplementación de terneros por auto-suministro sobre campo natural (Adaptado de Rovira, 2014).

Parámetros	T	R+fibra
PV final (kg)	186 b	300 a
gmd (kg/an/día)	0,016 b	1,349 a
EUS (kg PV/kg MS)*	-	5,4

*T: testigo sin suplementar; R: ración balanceada con 14% PC; PV: peso vivo; gmd: ganancia media diaria; MS: materia seca; EUS: eficiencia de uso del suplemento; Letras distintas dentro de una misma fila señalan diferencias significativas entre columnas (P<0,05).*

La suplementación incrementó significativamente la disponibilidad promedio (P<0,05), debido a un fenómeno de sustitución de la pastura por suplemento. La técnica de auto-suministro con este tipo de ración demostró ser una tecnología de muy alto impacto en respuesta animal.

1.3.3.3. Conclusiones en torno a la suplementación mediante auto-suministro sobre campo natural.

El Cuadro 15 presenta el resumen de las experiencias de investigación en suplementación de bovinos sobre campo natural en invierno, mediante el uso de comederos de auto-suministro.

Cuadro 15. Resumen de resultados de investigación en torno a la suplementación sobre campo natural en invierno, mediante el uso de comederos de auto-suministro.

Fuente	Supl.	Trat*	gmd	EUS
Quintans <i>et al.</i> (2013)	E-P	TLD	0,838 a	2,6
	E-P + fibra	AC	1,168 b	4,1
Simeone <i>et al.</i> (2013a)	E-P + NaCl	TLD	0,260 b	3,2
		AC	0,348 a	3,7
Simeone <i>et al.</i> (2013d)	E-P + NaCl	AC <sub>(hs)</sub>	0,678 a	5,1
		AC <sub>(nnp)</sub>	0,540 b	6,1
Rovira (2014)	E-P + fibra	AC	1,349	5,4

Supl.: tipo de suplemento; Trat: tratamientos relevantes a los efectos de este trabajo; gmd: ganancia media diaria (kg/an/día); EUS: eficiencia de uso del suplemento; E: suplementación energética; P: suplementación proteica; TLD: suplementación diaria (todos los días); AS: auto-suministro; hs: con agregado de harina de soja; nnp: con agregado de nitrógeno no proteico; Por fila, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

En las experiencias aquí presentadas, el auto-suministro de suplemento sobre campo natural durante el invierno generó respuestas positivas en el desempeño animal. Las máximas ganancias fueron generadas por los tratamientos con ración con fibra (sin limitador de consumo) en regímenes *ad libitum*. A pesar que las menores ganancias fueron logradas con la inclusión de sal en la ración, de cualquier manera las respuestas fueron positivas. Si bien la experiencia de Rovira (2014) utilizando ración con fibra (sin limitador del consumo) arrojó resultados aceptables en términos de eficiencias de uso del suplemento para la categoría considerada, para generar tales ganancias fueron necesarias importantes cantidades de

suplemento (alto consumo de materia seca). Por otra parte, el único experimento que contrastó el suministro diario (TLD) con el auto-suministro (AS) de la misma ración pero con fibra (sin limitador de consumo) (Quintans *et al.*, 2013) sugiere que la eficiencia de uso del suplemento podría ser un problema al utilizar este tipo de suplementación, ya que este coeficiente fue prácticamente el doble para los animales suplementados con esta ración *ad libitum*.

#### 1.4. PROBLEMA IDENTIFICADO

Ante un contexto de intensificación sostenible, existe una necesidad de aumentar la producción mediante un uso más eficiente de todos los recursos involucrados. Para el caso de la ganadería en regiones extensivas y semi-extensivas como el Basalto y Areniscas, el primer invierno de vida de los terneros/as es sin duda una limitante productiva y de eficiencia para todo el sistema productivo. La suplementación sobre campo natural es una alternativa para superar esta limitante productiva y económica. Sin embargo, en términos generales, esto significa o bien aumentar la intensidad del uso de la mano de obra con suplementación diaria o bien lograr producciones muy elevadas (superiores a 1,200 kg/an/d) mediante el auto-suministro *ad libitum* de suplemento.

Una alternativa intermedia puede ser el desarrollo de estrategias de ganancias moderadas de peso en el rango de 0,500 a 0,700 kg/an/d. Estas ganancias se podrían lograr mediante una suplementación restringida con la cual ayudar a mejorar la productividad invernal de los terneros sobre campo natural. Esta estrategia presentaría efectos adicionales en la reducción de la edad de faena de machos castrados (menor a 30 meses) y la edad al primer servicio de vaquillonas (aproximadamente 2 años), incrementando así la eficiencia global del sistema productivo (Montossi *et al.*, 2014). En esta línea de trabajo, cuyo objetivo es lograr ganancias moderadas en el periodo invernal pero con un menor uso de mano de obra (utilizando comederos de auto-suministro), adicionalmente se podría restringir la cantidad de

suplemento ofrecido mediante dos vías complementarias: i) reduciendo la frecuencia de reposición de suplemento en el comedero y/o ii) limitando el nivel del suplemento ofrecido por animal.

El problema planteado es cómo superar las limitantes productivas de la recría bovina durante el invierno sobre campo natural utilizando suplementos para lograr ganancias moderadas, teniendo en cuenta la necesidad de disminuir el uso de la mano de obra y siendo eficientes en la conversión de suplemento en peso vivo. Es por esto que se plantearon dos experimentos sobre dos tipos de suelos sobre formaciones geológicas distintas (Experimento A, sobre areniscas; Experimento B sobre basalto), utilizando terneros en su primer invierno de vida, sobre campo natural diferido. Los tratamientos propuestos buscaron aportar información de interés para contribuir a superar el problema identificado.

#### 1.4.1. Hipótesis

En un contexto de ganadería extensiva, es posible lograr ganancias moderadas con una eficiencia aceptable en el uso de suplemento durante la recría invernal de terneros sobre campo natural diferido, mediante el uso de un sistema de auto-suministro restringido de suplemento.

#### 1.4.2. Objetivos

A partir de la hipótesis planteada, los objetivos principales del presente trabajo se describen a continuación:

1. Determinar la respuesta animal a la suplementación diaria versus el auto-suministro restringido de suplemento sobre campo natural diferido durante el período invernal, en términos de la ganancia media diaria (gmd) y eficiencia de uso del suplemento (EUS).
2. Determinar la respuesta animal a la suplementación mediante auto-suministro *ad libitum* en comparación al auto-suministro restringido, en términos de ganancia media diaria y eficiencia del uso del suplemento.

Como objetivos secundarios se mencionan los siguientes:

1. Determinar el efecto de la suplementación sobre la composición tisular de los animales (área de ojo de bife – AOB, punto 8 - P8, espesor de grasa subcutánea - EGS), como medidas complementarias a los parámetros de producción animal.
2. Determinar el efecto de los tratamientos suplementados sobre la conducta en pastoreo de los animales, de manera de contar con información que contribuya a una mejor explicación de cómo se utilizó la pastura así como evaluar el comportamiento animal frente a los tratamientos contrastantes de sistemas de suplementación.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

#### 2.1.1. Experimento A en la región de Areniscas

Este experimento fue llevado a cabo en la Unidad Experimental “La Magnolia” ubicada en la región de Areniscas (31° 42’ 05”, latitud sur, 55° 47’ 56” longitud oeste y 127 metros sobre el nivel del mar), entre el 9 de julio y el 14 de octubre de 2013 (97 días).

#### 2.1.2. Experimento B en la región de Basalto

Este experimento fue llevado a cabo en la Unidad Experimental “Glencoe” ubicada en la región de Basalto (32° 00’ 24”, latitud sur, 57° 08’ 01” longitud oeste y 124 metros sobre el nivel del mar), entre el 11 de junio y el 9 de octubre de 2013 (120 días).

### 2.2. ANIMALES

Se utilizaron 40 terneros nacidos en la primavera del año 2012 para cada experimento, en su primer invierno de las razas Hereford (Basalto) y Braford (Areniscas).

Los valores iniciales promedio de las variables relacionadas con la respuesta animal estudiadas de cada experimento se presentan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Valores iniciales de las variables relacionadas con la respuesta animal, según experimento.

Exp	PV (kg)	AOB (cm <sup>2</sup> )	EGS (mm)	P8 (mm)
A	178,7 ± 28	28,9 ± 6,0	1,9 ± 0,3	2,1 ± 0,4
B	180,0 ± 9	21,2 ± 2,6	1,5 ± 0,3	1,5 ± 0,2

*Exp, experimento; PV, peso vivo lleno; AOB, área de ojo de bife; EGS, espesor de grasa subcutánea; P8, punto 8; todas las variables no presentaron diferencias significativas (P>0.05) entre tratamientos dentro de cada experimento.*

La dotación animal fue constante para ambos experimentos (2,23 terneros/ha) y se utilizó pastoreo continuo. Los animales fueron asignados al azar a cada tratamiento, considerando su PV inicial y edad. Los animales fueron dosificados al inicio del ensayo con Ivermectina. Posteriormente, se obtenían muestras de materia fecal cada 28 días, a los efectos de realizar el análisis coprológico de las mismas. El muestreo se realizaba al azar sobre 3 animales de cada parcela de pastoreo. El criterio para tomar la decisión de dosificar con una droga antiparasitaria era llegar a un número promedio mayor a 300 huevos de parásitos internos por gramo de materia fecal (HPG), en al menos una de las parcelas de pastoreo.

### 2.3. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En ambos experimentos el campo natural fue reservado durante el otoño, por un período de 104 y 37 días para el Experimento A (Exp A) y Experimento B (Exp B), respectivamente. Las parcelas fueron excluidas del pastoreo luego de un pastoreo intenso y rasante con vacunos, con el objetivo de partir de una pastura con mínima proporción de restos secos provenientes del verano. La fecha de cierre fueron el 27/3 y el 7/4 para los Exp A y Exp B, respectivamente, mientras que al inicio de la acumulación de forraje, la altura promedio (medida por regla graduada) del tapiz fue de 6,75 cm y 8,00 cm, para los Exp A y Exp B, respectivamente.

El suplemento utilizado fue una ración comercial con fibra procedente de cáscara de arroz, sin limitador del consumo, con las características que se presentan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Caracterización del valor nutricional del suplemento utilizado.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
EM (Mcal/kg MS)*	2,56
PC (%)	14,7
FDA (%)	12,0
EE (%)	2,5
Cenizas (%)	8,0
Humedad (%)	12

*EM: energía metabolizable; MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDA: fibra detergente ácido; EE: extracto etéreo; \* según datos de la empresa elaboradora de la ración.*

En los Cuadro 18 y 19 se presentan los tratamientos para cada región estudiada (Basalto y Areniscas).

Cuadro 18. Tratamientos planteados para el experimento realizado sobre suelos de Areniscas (Exp A).

<b>Trat</b>	<b>Suplementación promedio diario (%PV*)</b>	<b>Suministro de suplemento</b>
<b>T</b>	0	Control, sin suplementación
<b>TLD</b>	1,2	Diario
<b>ASR</b>	1,2	Auto-suministro restringido, con entrega de suplemento en dos oportunidades en la semana
<b>ASA</b>	<i>ad libitum</i>	Auto-suministro <i>ad libitum</i>

*T: testigo sin suplementación; TLD: suplementación diaria (Todos Los Días) a la razón de suplementación indicada; ASR: suplementación dos veces por semana mediante Auto-suministro Restringido a la razón de suplementación promedio diaria indicada; ASA: suplementación Ad libitum mediante Auto-suministro; \* en base fresca.*

Cuadro 19. Tratamientos planteados para el experimento realizado sobre suelos de Basalto (Exp B).

<b>Trat</b>	<b>Suplementación promedio diario (%PV*)</b>	<b>Suministro de suplemento</b>
<b>T</b>	0	Control, sin suplementación
<b>TLD</b>	0,8	Diario
<b>ASR</b>	0,8	Auto-suministro restringido, con entrega de suplemento en dos oportunidades en la semana
<b>ASA</b>	<i>ad libitum</i>	Auto-suministro <i>ad libitum</i>

*T: testigo sin suplementación; TLD: suplementación diaria (Todos Los Días) a la razón de suplementación indicada; ASR: suplementación dos veces por semana mediante Auto-suministro Restringido a la razón de suplementación promedio diaria indicada; ASA: suplementación Ad libitum mediante Auto-suministro; \* en base fresca.*

Los comederos de los tratamientos con suplementación diaria (TLD) contaban con un frente de ataque por animal de 40 cm aproximadamente, mientras que el frente de ataque de los tratamientos que utilizaron comederos de auto-suministro (ASR y ASA) contaban con un promedio de 96 cm por animal y un único comedero por parcela.

La diferencia en la asignación de suplementación en cada región (Areniscas y Basalto) para los tratamientos restringidos (TLD y ASR) responde a la diferente cantidad y calidad de forraje esperable de campo natural en invierno (Areniscas: producción invernal promedio de 355 kg MS/ha – Bemhaja, 2006- y contenido de PC de 5,8 %, Gutiérrez y Morixe, 1995; Basalto: producción invernal promedio de 550-670 kg MS/año y contenido de PC de 9,5 %, Saldanha, 2005).

## 2.4. MEDICIONES Y ANÁLISIS DE MUESTRAS

### 2.4.1. Sobre el forraje y el suplemento

#### 2.4.1.1. Disponibilidad

Al inicio del experimento y luego cada 14 días hasta el final del periodo de estudio se determinó la disponibilidad de materia seca (kg MS/ha). Para esto se realizaban 10 cortes con tijera eléctrica en cada parcela (líneas de 5 metros de largo por 7,5 de ancho = 0.35 m<sup>2</sup>), al ras del suelo en zonas representativas de cada una de ellas. El forraje verde correspondiente a cada línea de corte se pesaba individualmente y luego se juntaba en un pool de forraje único. Las muestras se mezclaban de tal manera que el pool resultante contenía fracciones de cada una de ellas. Respecto al forraje verde, las bolsas se cerraban en el momento del corte y se abrían de a una en el momento de pesarlas, para no generar diferentes grados de deshidratación.

Del pool resultante se extraían 2 sub-muestras, las cuales luego se pesaban en verde individualmente y posteriormente se secaban en estufa de aire forzado -a 60 °C durante 48 horas aproximadamente hasta peso constante, para estimar el porcentaje de materia seca de cada una de las 2 sub-muestras.

Posteriormente, con el peso verde de cada corte individual y el porcentaje de materia seca (MS) promedio de las 2 sub-muestras, se calculaban los kg de MS/ha para cada muestra.

#### 2.4.1.2. Altura de forraje

Se realizaron mediciones de altura de forraje con regla graduada milimetrada en los mismos momentos que se efectuaban las determinaciones de disponibilidad del forraje. Se realizaban 15 mediciones de altura de forraje sobre la línea de cada corte, al nivel correspondiente a la mayor densidad de ápices foliares. Adicionalmente, se realizaban otras 30 mediciones adicionales y representativas de altura en cada una de las parcelas.

#### 2.4.1.3. Composición botánica

Se utilizaban 2 sub-muestras del pool antes mencionado, las cuales se utilizaban para la determinación de la composición botánica. Cada una de las sub-muestras era separada en las fracciones forraje verde y forraje seco. Cada fracción era pesada en verde, para luego ser secadas a estufa a 60°C durante 48 horas aproximadamente hasta peso constante y así determinar su peso seco.

#### 2.4.1.4. Valor nutritivo

De la Materia Seca del forraje: De las muestras utilizadas para el cálculo de disponibilidad de MS, se formaba un pool, constituyendo el mismo la muestra de toda la parcela para realizar el análisis de valor nutritivo. Dichas muestras eran molidas en INIA Tacuarembó, para posteriormente ser enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela, donde fueron determinados los porcentajes de las siguientes fracciones: FDA y FDN (Van Soest, 1982), PC y C (AOAC, 1990).

Para calcular la digestibilidad de la materia orgánica (DMO), se aplicó la fórmula:  $DMO\% = 88,9 - (0,779 * FDA\%)$  (Osītis *et al.*, 2003). El cálculo para obtener la energía metabolizable (EM) se realizó siguiendo la siguiente ecuación:  $EM (Mcal/kg) = [(4,4 * 0,82 * DMO)/100]$  (ARC, 1980).

Del suplemento: De cada bolsa de ración que se abría para suministrar a los animales, se extraía una muestra representativa de 80 g aproximadamente, a efectos de construir un pool semanal para su posterior evaluación en el Laboratorio de Nutrición Animal del INIA La Estanzuela, de las fracciones PC, FDN y FDA, utilizando los mismos procedimiento métodos descripto para el análisis del valor nutricional del forraje.

## 2.4.2. Sobre los animales

### 2.4.2.1. Peso vivo

Peso vivo lleno: Los animales eran pesados temprano en la mañana, el día de inicio del experimento y posteriormente cada 14 días y al final del ensayo.

Peso vivo vacío: Los animales eran pesados temprano en la mañana, el día siguiente a la determinación del peso vivo lleno, luego de 16 horas aproximadas de ayuno. El peso vivo vacío fue registrado al inicio y al final del ensayo y fue utilizado para realizar los cálculos de consumo, eficiencia de uso del suplemento y para ajustar los parámetros de composición tisular (PV final).

### 2.4.2.2. Comportamiento animal

Se realizó en una única vez sobre todos los animales en cada ensayo, en un día coincidente con el suministro de ración del tratamiento ASR.

El estudio de la conducta animal se realizaba a lo largo de todas las horas luz del día, por medio de 4 observadores, los que rotaban entre estaciones de observación a tiempos iguales para controlar el efecto “observador”.

Las observaciones se realizaban cada 15 minutos, registrándose: Pastoreo (P), Rumia (R), Descanso (D; incluye juegos, caminar, rascado, etc.), Camina (C), consumo de Suplemento (S) y consumo de Agua (A) (Gary *et al.*, 1970). Además, se medía la tasa de bocado en pastoreo en 4 momentos del día, 2 matutinas y 2 vespertinas. La metodología consistía en medir el tiempo requerido para efectuar 20 bocados (Jamieson y Hodgson, 1979). Para identificar los animales, se les pintaba un número correlativo en ambos costillares con spray.

### 2.4.2.3. Mediciones de ultrasonido (composición tisular)

Al inicio y al final del período experimental, así como cada 28 días, se tomaban medidas sobre el área de ojo de bife (AOB), cobertura de grasa (punto C) y P8 (cuadril) (Whittaker *et al.*, 1992).

#### 2.4.2.4. Ajuste de la suplementación

En el caso de los tratamientos suplementados, la cantidad de ración ofrecida se ajustaba cada 14 días, de acuerdo al peso vivo promedio de los animales por parcela. Este procedimiento se repitió durante todo el período experimental. Los días de relleno del comedero para el caso de ASR fueron los lunes y los jueves.

#### 2.4.3. Otras determinaciones

Registros climáticos: Se obtuvieron de la estación meteorológica todas las temperaturas del período y del pluviómetro el registro de precipitaciones, así como velocidad del viento y heladas meteorológicas y agro meteorológicas.

Consumo de suplemento: Se obtuvo indirectamente, mediante el control del desaparecido en el comedero. Los animales nunca dejaron ración sobrante en el comedero (consumieron el total de lo ofrecido).

Eficiencia del uso del suplemento: Se obtuvo calculando los kg ganados en el tratamiento sin suplementar (T), los cuales se restaban a los kg ganados en el tratamiento suplementado (TLD, ASR y ASA), atribuyendo esa diferencia de kg al efecto de la suplementación. Conociendo el consumo de suplemento en base seca, estos kg de suplementos eran divididos por los kg PV atribuibles a la suplementación. Se utilizó el peso vivo vacío para estos cálculos.

### 2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los parámetros de cada experimento fueron analizados independientemente uno del otro, con un modelo mixto de medidas repetidas en el tiempo y utilizando el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008). El modelo incluyó los efectos fijos de tratamientos, fecha y la interacción tratamiento por fecha y como efecto aleatorio la parcela, el cual se describe a continuación:

$$Y = \mu + \tau + \phi + \tau * \phi + \varepsilon$$

$\mu$ : media

$\tau$ : efecto del tratamiento ( $i=1, 2, 3, 4$ )

$\phi$ : efecto de la fecha ( $j = 1, 2, 3, \dots k$ )

$\varepsilon$ : error experimental

El diseño experimental fue uno de parcelas completamente al azar, con dos repeticiones. La unidad experimental desde el punto de vista de los animales fue el lote de 5 animales asignado a cada una de las dos repeticiones y desde el punto de vista de la pastura fue la parcela sobre la que dicho lote de animales pastoreaba. Las medias se compararon utilizando la prueba de medias de Tukey. Los efectos de los tratamientos se consideraron significativos cuando la significancia estadística alcanzaba un umbral de  $P < 0,05$ . Las diferencias no significativas pero con  $P < 0,10$  fueron consideradas como tendencias.

Para conocer la variabilidad intra-tratamiento de las disponibilidades iniciales en relación a las finales, se realizaron contrastes ortogonales.

Por otro lado, las ganancias medias diarias (gmd) fueron calculadas mediante regresiones lineales simples y luego contrastadas las medias utilizando la prueba de Tukey, utilizando el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008). Los efectos de los tratamientos se consideraron significativos cuando  $P < 0,05$ . Las medidas *in vivo* de la composición tisular (AOB, EGS, P8) fueron calculadas con el PV vacío final como covariable.

Las variables principales (gmd y EUS) fueron analizadas utilizando como covariables: disponibilidad inicial total, disponibilidad inicial verde, altura inicial, asignación de forraje total inicial (kg/kg) y asignación de forraje verde inicial (kg/kg). En todos los casos, las covariables no fueron significativas ( $P > 0,05$ ), por lo tanto se descartaron.

Para analizar la información de conducta animal, se comparó el tiempo destinado a cada actividad en pastoreo, donde primero se realizó un Análisis

de Componentes Principales (ACP), particionado por tratamiento, utilizándose el número de componentes principales que alcanzaran a explicar por lo menos el 60% de la variación.

La asignación de forraje fue calculada tanto considerando materia seca total como materia seca verde, tomando los promedios de materia seca y los promedios de peso vivo de cada parcela, dividiendo los kg de materia seca por los kg de peso vivo (kgMS/kgPV). Estas variables fueron analizadas mediante análisis de varianza.

Los contrastes ortogonales para aislar efectos fueron realizados utilizando los PV finales de cada grupo de tratamientos.

Las regresiones realizadas entre disponibilidad de forraje (total y verde) y altura medida dentro de la línea de corte, así como la realizada entre el valor nutritivo del forraje y disponibilidad de forraje (total y verde), fueron realizadas con todos los datos para cada experimento, analizando ajustes lineales y cuadráticos. Aquellos modelos que resultaron significativos ( $P < 0,05$ ) para ambos tipos de ajustes fueron seleccionados según menor AIC y BIC. Las ecuaciones no se reportan, ya que ninguna presentó coeficientes de determinación ( $R^2$ ) mayores a 50%.

### 3. RESULTADOS

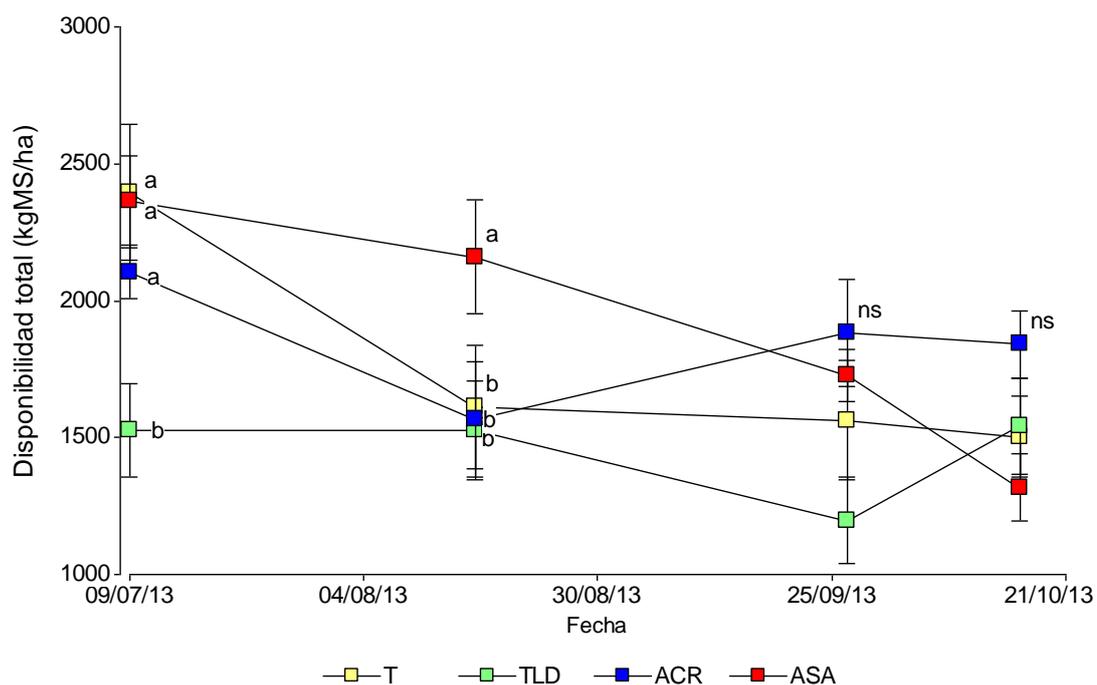
#### 3.1. EXPERIMENTO A

##### 3.1.1. Forraje ofrecido

##### 3.1.1.1. Disponibilidad y altura

La T: testigo sin suplementar; MS: materia seca; Medias con una letra común dentro de la misma fecha no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ); ns: efecto no significativo dentro de una misma fecha.

Figura 2 presenta la evolución de la disponibilidad total.



T: testigo sin suplementar; MS: materia seca; Medias con una letra común dentro de la misma fecha no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ); ns: efecto no significativo dentro de una misma fecha.

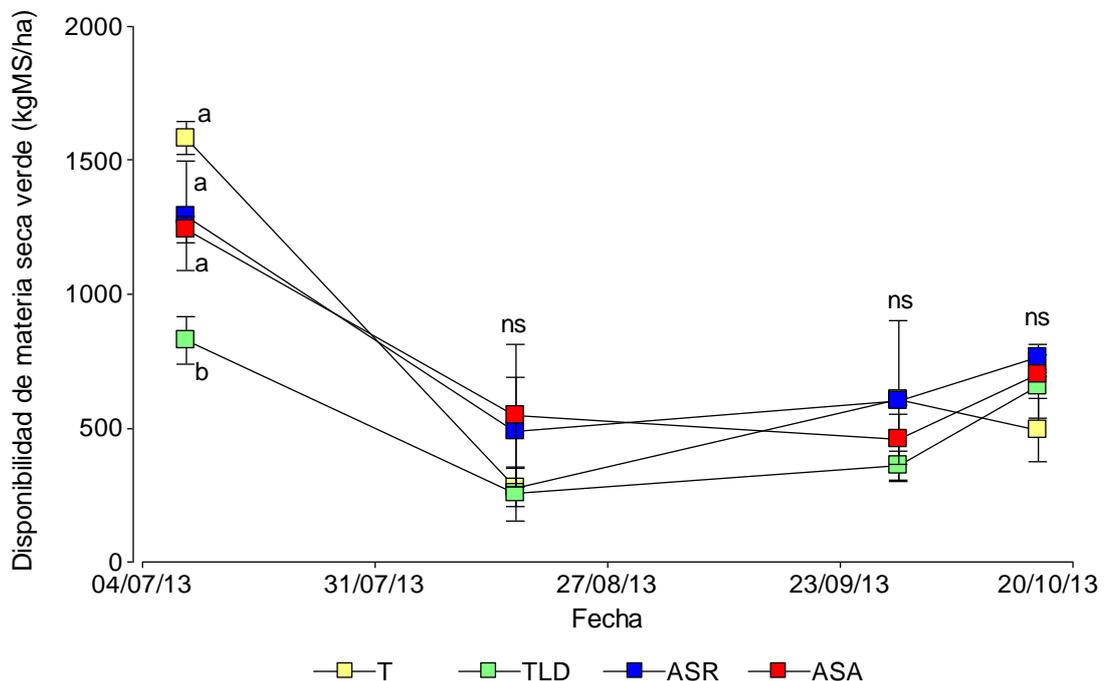
Figura 2. Efecto de suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-

suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas y terneros de raza Braford sobre la evolución de la disponibilidad total.

El efecto de los tratamientos no fue significativo ( $P > 0,05$ ), mientras que el efecto de la fecha y la interacción fecha x tratamiento fueron significativos ( $P < 0,01$ ). En la primera fecha, TLD presentó menores disponibilidades que todos los demás tratamientos, mientras que en la segunda fecha el tratamiento ASA presentó mayores valores que el resto de los tratamientos. Luego de esa fecha, no se registraron diferencias entre los tratamientos para este parámetro.

*La T: testigo sin suplementar; MS: materia seca; Medias con una letra común dentro de la misma fecha no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ); ns: efecto no significativo dentro de una misma fecha.*

Figura 3 presenta la evolución de la disponibilidad de la materia seca verde.



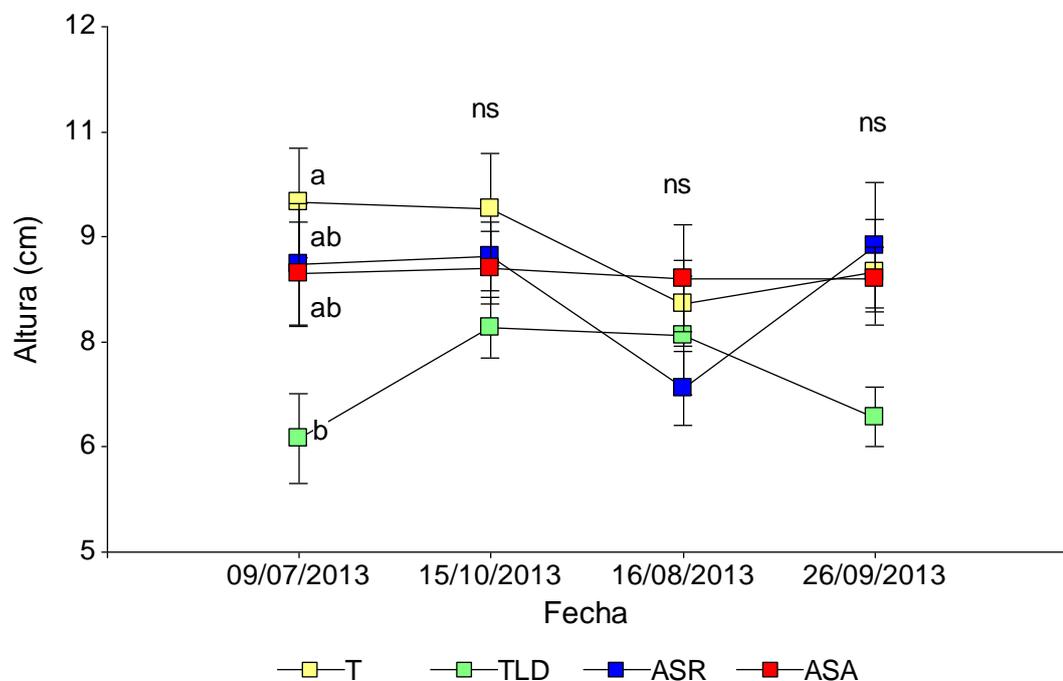
*T: testigo sin suplementar; MS: materia seca; Medias con una letra común dentro de la misma fecha no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ); ns: efecto no significativo dentro de una misma fecha.*

Figura 3. Efecto de suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-

suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas y terneros de raza Braford sobre la evolución de la disponibilidad de materia seca verde.

El efecto de los tratamientos y de la interacción tratamiento x fecha no fueron significativos ( $P > 0,05$ ), mientras que el efecto de la fecha fue significativo ( $P < 0,01$ ). En la primera fecha, TLD presentó menores disponibilidades de materia seca verde que todos los demás tratamientos. Luego de esa fecha, no se registraron diferencias entre los tratamientos para este parámetro.

La Figura 4 presenta la evolución de la altura del forraje.



T: testigo sin suplementar; MS: materia seca; Medias con una letra común dentro de la misma fecha no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ); ns: efecto no significativo dentro de una misma fecha.

Figura 4. Efecto de suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas y terneros de raza Braford sobre la evolución de la altura del forraje.

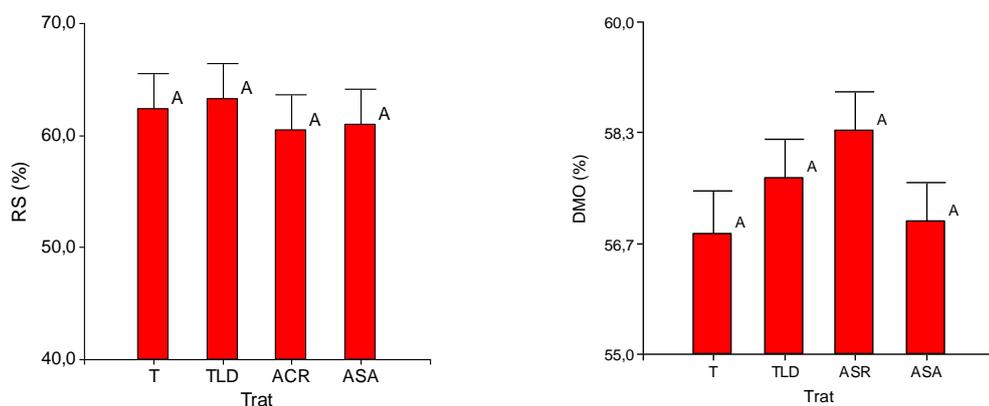
El efecto de los tratamientos, de la fecha de muestreo y de la interacción entre éstos no fueron significativos ( $P > 0,05$ ). Solamente en la primera fecha se registró un efecto significativo de los tratamientos, en la que TLD presentó la menor altura, diferente de T que presentó la mayor altura, mientras que los otros dos tratamientos se ubicaron en una situación intermedia. Luego de esa fecha, no se registraron diferencias entre los tratamientos para este parámetro.

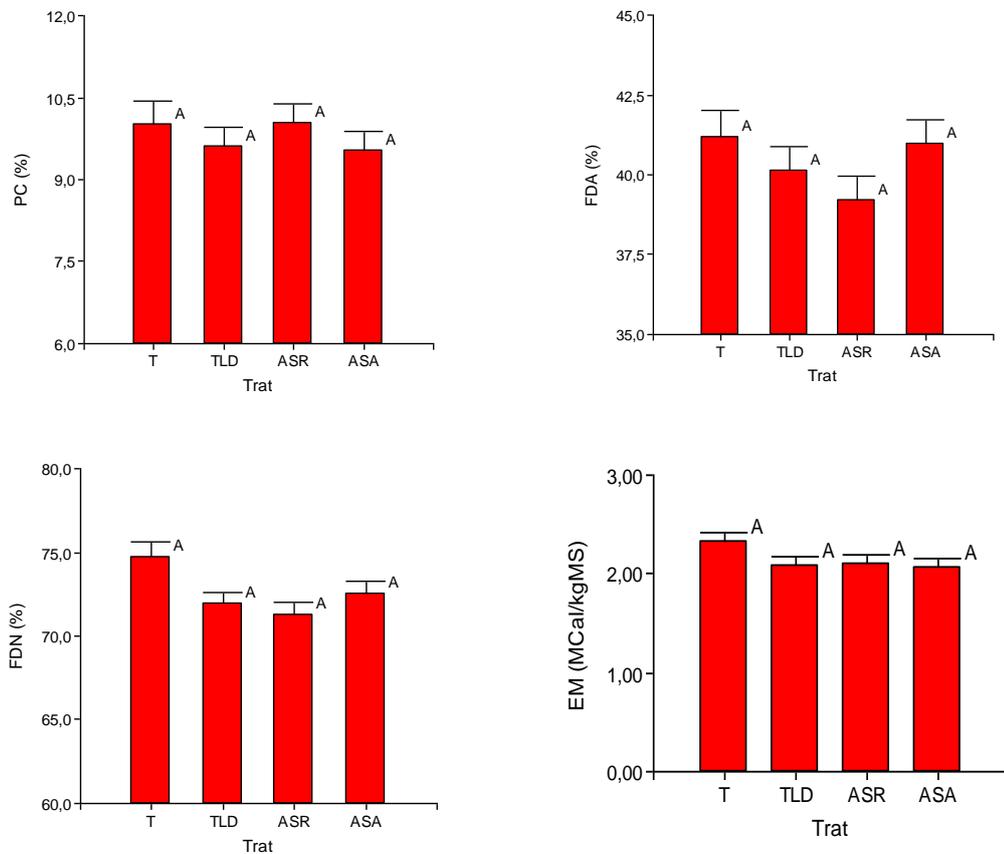
Al contrastar la disponibilidad inicial contra la final dentro de cada tratamiento, se constató que ninguno de los tratamientos presentó diferencias estadísticas (T,  $P=0,4176$ ; TLD,  $P=0,9942$ ; ASR,  $P=0,2994$ ; ASA,  $P=0,8815$ ). Similares resultados se obtuvieron al contrastar altura inicial contra final (T,  $P=0,9986$ ; TLD,  $P=0,0644$ ; ASR,  $P=0,9046$ ; ASA,  $P=0,9236$ ).

### 3.1.1.2. Valor nutritivo

Los valores promedio del campo natural se presentan en la T: testigo sin suplementar; RS: restos secos; DMO; digestibilidad de la materia orgánica; PC: proteína cruda; FDA: fibra detergente ácido; FDN: fibra detergente neutro; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

Figura 5.





T: testigo sin suplementar; RS: restos secos; DMO; digestibilidad de la materia orgánica; PC: proteína cruda; FDA: fibra detergente ácido; FDN: fibra detergente neutro; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

Figura 5. Valor nutritivo del campo natural según tratamientos de suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas y terneros de raza Braford.

El valor nutritivo del campo natural no fue afectado por los tratamientos. El contenido promedio de cada parámetro fue de 61,2 %RS, 57,6 %DMO, 9,8% PC, 40,4 % FDA, 72,6 %FDN y 2,2 Mcal/kg MS.

Las regresiones entre el valor nutritivo del forraje y la disponibilidad (total y verde) no fueron significativas o bien presentaron un muy bajo ajuste (valor de  $R^2$  menor a 0,3). Algo similar se registró al analizar las regresiones entre el valor nutritivo del forraje y su disponibilidad, en donde las regresiones no

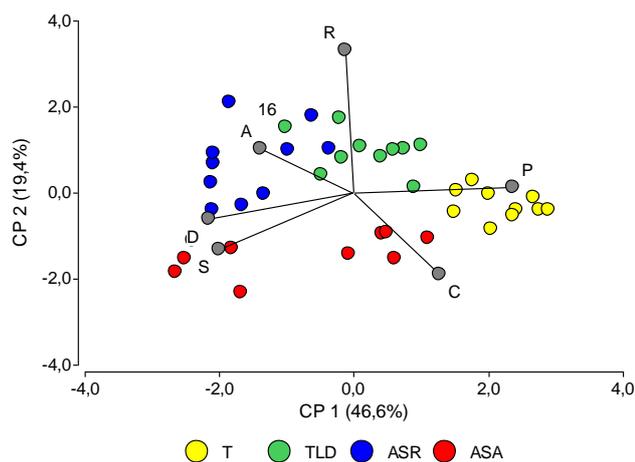
fueron significativas o presentaron bajo ajuste. La correlación entre altura y disponibilidad tomando la totalidad de las mediciones fue significativa ( $P < 0,05$ ), líneal y positiva ( $R^2 = 0,48$ ).

### 3.1.2. Animales

#### 3.1.2.2. Conducta

La T: testigo sin suplementar; P: Pastoreo; R: Rumia; D: Descanso (incluye juegos, caminar, rascado, etc.); C: Camina; S: consumo de Suplemento; A: consumo de Agua.

Figura 6 presenta el análisis de componentes principales para las mediciones de conducta animal.



*T: testigo sin suplementar; P: Pastoreo; R: Rumia; D: Descanso (incluye juegos, caminar, rascado, etc.); C: Camina; S: consumo de Suplemento; A: consumo de Agua.*

Figura 6. Análisis de componentes principales de la conducta animal de un experimentos sobre Areniscas con terneros de raza Braford, según suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas y terneros de raza Braford.

El 66% de la variabilidad es explicada por los dos primeros componentes principales (CP). Este análisis demostró que el Pastoreo (P) como la variable de mayor inercia en general y para T en particular. Asimismo, ASA presentó

el menor P y mayores actividades de descanso (D) y consumo de suplemento (S).

Para poder comparar estadísticamente el tiempo dedicado a cada actividad, el Cuadro 20 presenta el análisis de varianza de la conducta animal evaluada.

Cuadro 20. Efecto de suplementación suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas con terneros razas Braford sobre conducta animal como porcentaje de tiempo dedicado a cada actividad.

Act (%)	Tratamientos				EE	p-valor
	T	TLD	ASR	ASA		
P	60,2 <sup>a</sup>	42,6 <sup>b</sup>	22,3 <sup>c</sup>	30,2 <sup>c</sup>	2,87	<0,0001
R	5,6 <sup>b</sup>	10,5 <sup>a</sup>	12,1 <sup>a</sup>	0,9 <sup>b</sup>	1,28	<0,0001
D	22,1 <sup>c</sup>	36,7 <sup>b</sup>	46,7 <sup>a</sup>	46,7 <sup>a</sup>	2,22	<0,0001
C	10,2 <sup>a</sup>	4,9 <sup>b</sup>	4,7 <sup>b</sup>	7,9 <sup>ab</sup>	1,08	0,0019
S	0,0 <sup>b</sup>	0,9 <sup>b</sup>	9,5 <sup>a</sup>	11,4 <sup>a</sup>	1,66	<0,0001
A	1,9	4,4	4,7	2,8	0,76	0,0383

Act: actividad; P: Pastoreo, R: Rumia, D: Descanso (incluye juegos, caminar, rascado, etc.), C: Camina, S: consumo de Suplemento, A: consumo de Agua; Por fila, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

La variable que presentó mayor inercia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (P) fue afectada por los tratamientos, presentando un mayor porcentaje de tiempo al pastoreo aquellos animales que no eran suplementados, mientras que los animales que se auto-suministraba el suplemento presentaron la misma proporción de tiempo de pastoreo, siendo en estos el P superior al registrado para los animales suplementados diariamente. Se observa un comportamiento inverso para la actividad de descanso (D), en donde los animales que presentaron mayor proporción de su tiempo a pastorear destinaron la menor proporción al descanso y viceversa. El tiempo dedicado a la R fue superior para los casos de los tratamientos testigo y con suplementación *ad libitum*. El tiempo dedicado al consumo de suplemento ofrecido *ad libitum* fue superior a los otros tratamientos suplementados, mientras que el consumo de agua no vario entre tratamientos.

El Cuadro 21 presenta las tasas de bocado matutina, vespertina y promedio.

Cuadro 21. Efecto de suplementación suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas con terneros razas Braford sobre tasa de bocado matutina, vespertina y promedio.

Tasa de bocado	Tratamientos				EE	p-valor
	T	TLD	ASR	ASA		
TB am	23,5 <sup>a</sup>	32,5 <sup>ab</sup>	24,2 <sup>a</sup>	50,0 <sup>b</sup>	9,25	0,0053
TB pm	44,4 <sup>b</sup>	34,1 <sup>b</sup>	23,4 <sup>a</sup>	38,0 <sup>b</sup>	3,60	0,0002
TB x	44,0 <sup>b</sup>	32,9 <sup>b</sup>	23,7 <sup>a</sup>	38,1 <sup>b</sup>	2,76	0,0001

TB x: tasa de bocado medida bocados/minuto; am: matutino; pm: vespertino; Por fila, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

Se registraron diferencias en las tasas de bocado según tratamiento para los dos momentos del día así como el valor promedio. Por la mañana T y ASR presentaron TB más lentas que ASA, pero por la tarde y en promedio ASR presentó TB más lentas que todos los demás tratamientos.

El Cuadro 22 presenta el consumo aparente del suplemento en relación al peso vivo.

Cuadro 22. Consumo aparente de suplemento en relación al peso vivo registrado durante todo el período experimental, según suministro todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas con terneros raza Braford sobre campo natural en invierno.

<b>Medición</b>	<b>TLD</b>	<b>ASR</b>	<b>ASA</b>
Consumo (kgMS/animal/día)	5,59	6,03	8,95
Consumo (% PV)	1,05	1,04	3,55

*Consumo calculado en base seca.*

En esta experiencia el consumo de suplemento como “desaparecido del comedero” en relación al PV promedio fue similar al objetivo (1,06% PV en base seca) para TLD y ASR.

### 3.1.2.3. Respuesta animal

El Cuadro 23 presenta los resultados en producción animal.

Cuadro 23. Efecto de suplementación suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas con terneros razas Braford sobre parámetros de producción animal.

Variable	Tratamientos				EE	p-valor
	T	TLD	ASR	ASA		
gmd (kg/an/día)	0,155 <sup>c</sup>	0,625 <sup>b</sup>	0,620 <sup>b</sup>	1,135 <sup>a</sup>	0,05	0,0010
PV (kg)	198,4 <sup>b</sup>	234,5 <sup>b</sup>	231,0 <sup>b</sup>	281,1 <sup>a</sup>	10,7	0,0241
AOB (cm <sup>2</sup> )	32,2	32,1	34,1	32,8	1,41	0,3941
EGS (mm)	1,94	2,10	2,10	2,24	0,12	0,6804
P8 (mm)	2,31	2,16	2,31	2,66	0,17	0,4153

T: testigo sin suplementar; gmd: ganancia media diaria; PV: peso vivo lleno corregido por disponibilidad inicial (kg MS/ha); AOB, área de ojo de bife; EGS, espesor de grasa subcutánea; P8, punto 8; AOB, EGS y P8 corregidos por PV final; Por fila, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

Las variables medidas relacionadas a la respuesta animal, medidas como gmd y PV, fueron afectadas por los tratamientos, en donde la

suplementación *ad libitum* (ASA) fue superior al resto. A su vez, los tratamientos suplementados en forma restringida (TLD y ASR) fueron superiores al T e iguales entre sí para gmd, si bien no se diferenciaron con T para PV final. La composición tisular de los animales no fue afectada por los tratamientos al corregir los parámetros por el PV final. El efecto de la interacción entre el tratamiento y la fecha fue significativo ( $P < 0,05$ ) para todas las variables medidas, salvo para el caso de AOB en donde, no obstante, detectó una tendencia ( $P < 0,10$ ) hacia un mayor valor en ASA y un menor valor para T.

Los contrastes realizados entre agrupaciones de tratamientos se presentan en el Cuadro 24.

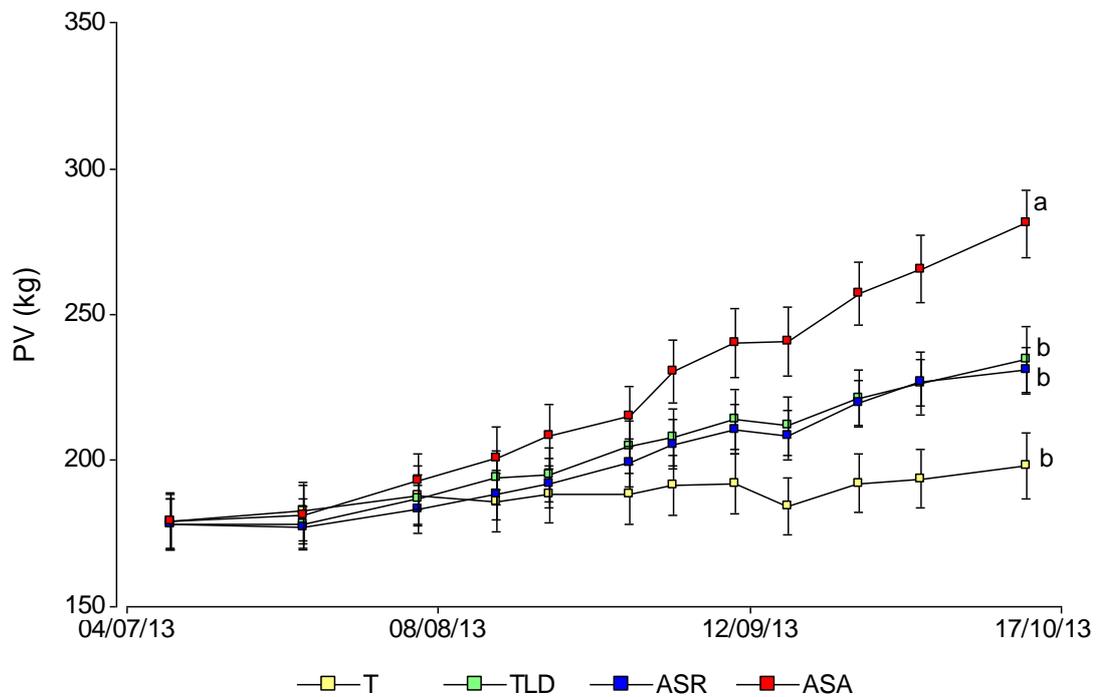
Cuadro 24. Efectos de la suplementación en general con respecto al tratamiento testigo sin suplementar, de la suplementación restringida (TLD+ASR) con el testigo, y de la suplementación restringida (TLD+ASR) en comparación con *ad libitum* (ASA) sobre el peso vivo final de un experimento sobre Areniscas con terneros razas Braford.

Contraste	p-valor
T vs Suplementados	0,0136
T vs Restringidos	0,0895
Restringidos vs ASA	0,0428

*T: testigo sin suplementar; TLD: suplementación todos los días al 1,2% PV; ASR: suplementación mediante auto-suministro dos veces por semana al 1,2% PV; ASA: suplementación mediante auto-suministro Ad libitum; PV: peso vivo; Suplementados: tratamientos TLD, ASR y ASA; Restringidos: TLD y ASR; Contrastes significativos cuando  $P < 0,05$ .*

Se registraron dos contrastes significativos; i) el tratamiento testigo vs. el resto de los tratamientos suplementados y ii) el contraste de los tratamientos restringidos vs. el tratamiento *ad libitum*.

La Figura 7 presenta la evolución de PV lleno a lo largo del período experimental.



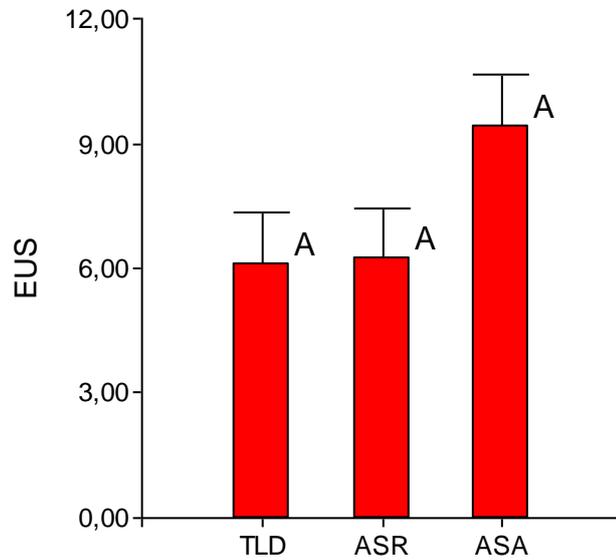
T: testigo sin suplementar; PV: peso vivo lleno.

Figura 7. Evolución del peso vivo lleno según suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas con terneros razas Braford.

El tratamiento ASA comienza a ser estadísticamente superior al resto de los tratamientos el 17/09.

### 3.1.3. Interacción forraje-suplemento-animal

La Figura 8 presenta la eficiencia promedio de uso del suplemento.



*T: testigo sin suplementar; EUS: eficiencia de uso del suplemento (kg MS/kg PV).*

Figura 8. Eficiencia promedio de uso del suplemento según suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas con terneros razas Braford.

La alta variabilidad registrada en el consumo de suplemento no permitió detectar diferencias entre eficiencias de uso de suplemento (EUS) de los distintos tratamientos, a pesar que ASA (9,4) presentó un valor más de 50% mayor que ASR (6,2) y TLD (6,1).

El Cuadro 25 presenta las asignaciones de forraje totales y de materia seca verde, calculadas de dos maneras distintas.

Cuadro 25. Efecto de los tratamientos sobre la asignación de forraje total y verde (kg/kg).

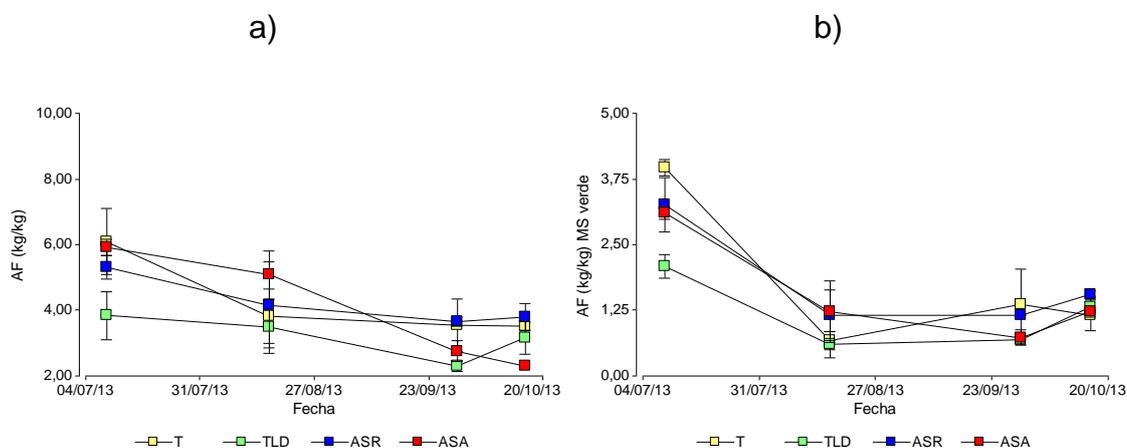
Variable	Tratamientos				EE	p-valor
	T	TLD	ASR	ASA		
AF MS total (kg MS/kg PV)	4,2	3,2	4,2	4,0	0,41	0,3542
AF MS verde (kg MS/kg PV)	1,8	1,2	1,8	1,6	0,16	0,1400

*T: testigo sin suplementar; TLD: suplementación todos los días al 1,2% PV; ASR: suplementación mediante auto-suministro dos veces por semana al 1,2% PV; ASA: suplementación mediante auto-suministro Ad libitum; AF: asignación de forraje; MS: materia seca; PV: peso vivo.*

Ninguna de los diferentes modos de calcular las asignaciones de forraje por animal presentó efectos estadísticos significativos debido a los tratamientos.

La T: testigo sin suplementar.

Figura 9 presenta la evolución a lo largo del experimento de la asignación de forraje total y verde en kg de MS por kg de PV.



T: testigo sin suplementar.

Figura 9. Evolución a lo largo del experimento de la asignación de forraje (AF) total (a) y verde (b), según testigo y suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas con terneros raza Braford.

En términos generales, a medida que avanzó el experimento, las AF calculadas en relación a la MS total fueron descendiendo para todos los tratamientos. Para el caso de las AF calculadas en relación a la MS verde, esto se evidencia claramente para todos los tratamientos entre la primera y la segunda fecha de medición, después se mantienen relativamente estables. De cualquier manera, las AF en ambos casos no fueron distintas ( $P > 0,05$ ) en cada una de las fechas dentro de cada tratamiento.

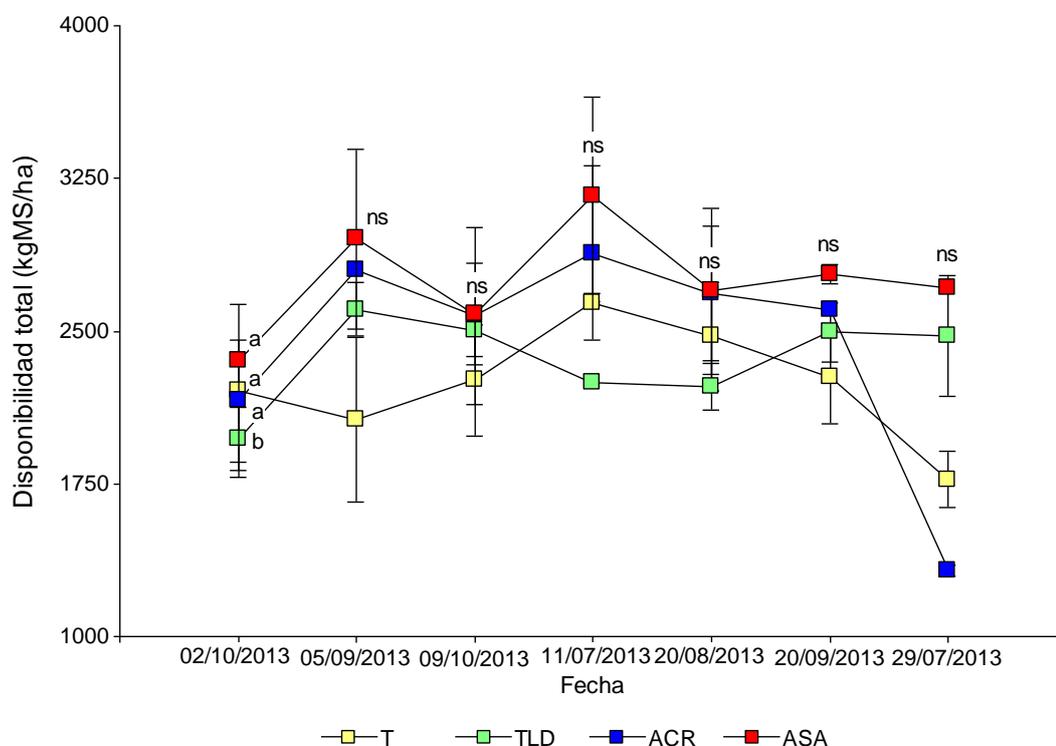
## 3.2. EXPERIMENTO B

### 3.2.1. Forraje ofrecido

#### 3.2.1.1. Disponibilidad y altura

La T: testigo sin suplementar; MS: materia seca; Medias con una letra común dentro de la misma fecha no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ); ns: efecto no significativo dentro de una misma fecha.

Figura 10 presenta la evolución de la disponibilidad total.

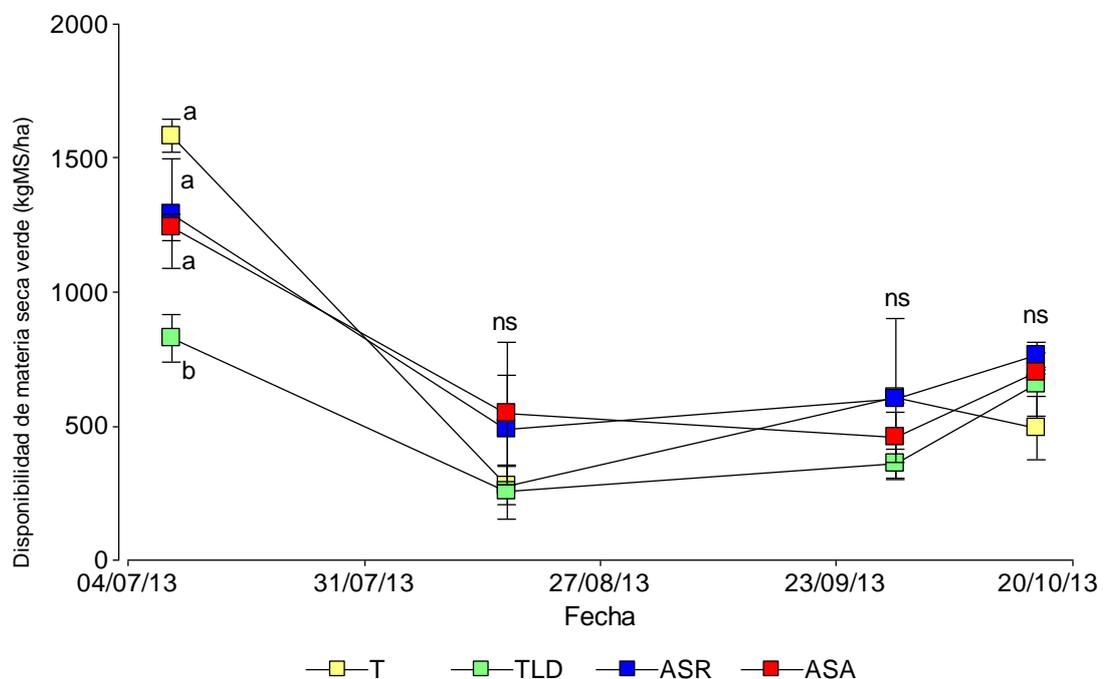


T: testigo sin suplementar; MS: materia seca; Medias con una letra común dentro de la misma fecha no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ); ns: efecto no significativo dentro de una misma fecha.

Figura 10. Efecto de la suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Basalto y terneros de raza Hereford sobre la evolución de la disponibilidad total.

El efecto de los tratamientos y de la interacción tratamiento x fecha no fueron significativos ( $P > 0,05$ ), mientras que el efecto de la fecha si lo fue ( $P < 0,01$ ). Solamente la primera fecha registró efecto significativo de los tratamientos, registrando el tratamiento ASR la menor disponibilidad total, en comparación con el resto de los tratamientos. En todas las fechas subsiguientes no se registró efecto de los tratamientos en este parámetro.

La Figura 11 presenta la evolución de la disponibilidad de la materia seca verde.



T: testigo sin suplementar; MS: materia seca; Medias con una letra común dentro de la misma fecha no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ); ns: efecto no significativo dentro de una misma fecha.

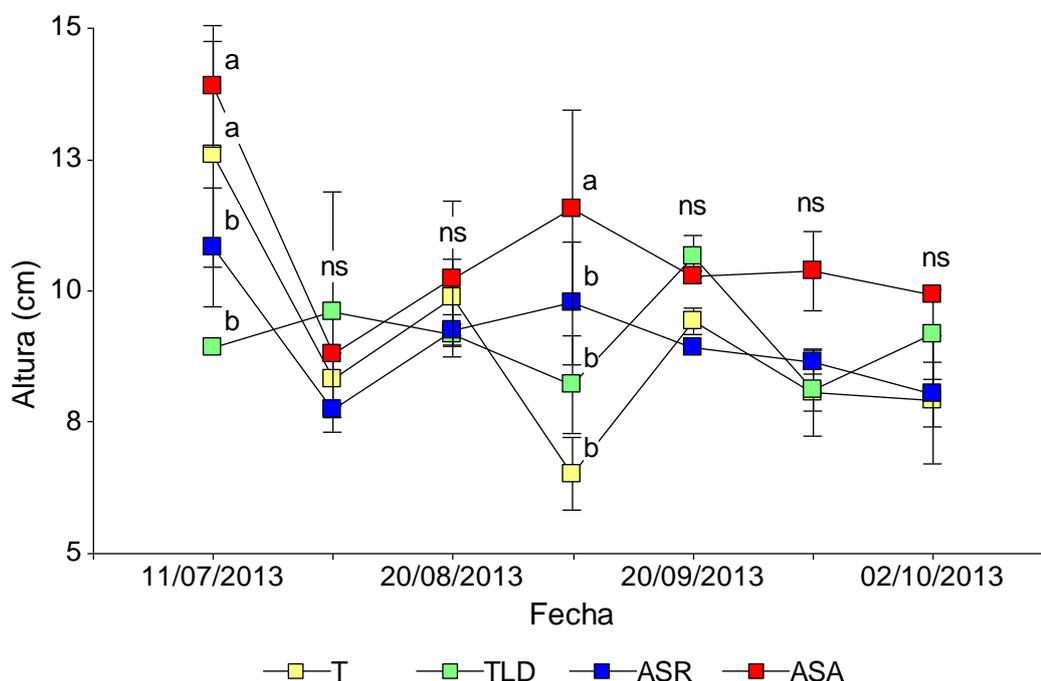
Figura 11. Efecto de suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Basalto y terneros de raza Hereford sobre la evolución de la disponibilidad de materia seca verde.

El efecto de los tratamientos y de la interacción tratamiento x fecha no fueron significativos ( $P > 0,05$ ), mientras que el efecto de la fecha fue significativo

( $P < 0,05$ ). Solamente en la última fecha se registró efecto significativo de los tratamientos, en donde ASR presentó el menor valor de disponibilidad de materia seca verde.

La T: testigo sin suplementar; MS: materia seca; Medias con una letra común dentro de la misma fecha no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ); ns: efecto no significativo dentro de una misma fecha.

Figura 12 presenta la evolución de la altura del forraje.



T: testigo sin suplementar; MS: materia seca; Medias con una letra común dentro de la misma fecha no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ); ns: efecto no significativo dentro de una misma fecha.

Figura 12. Efecto de suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Basalto y terneros de raza Hereford sobre la evolución de la altura del forraje.

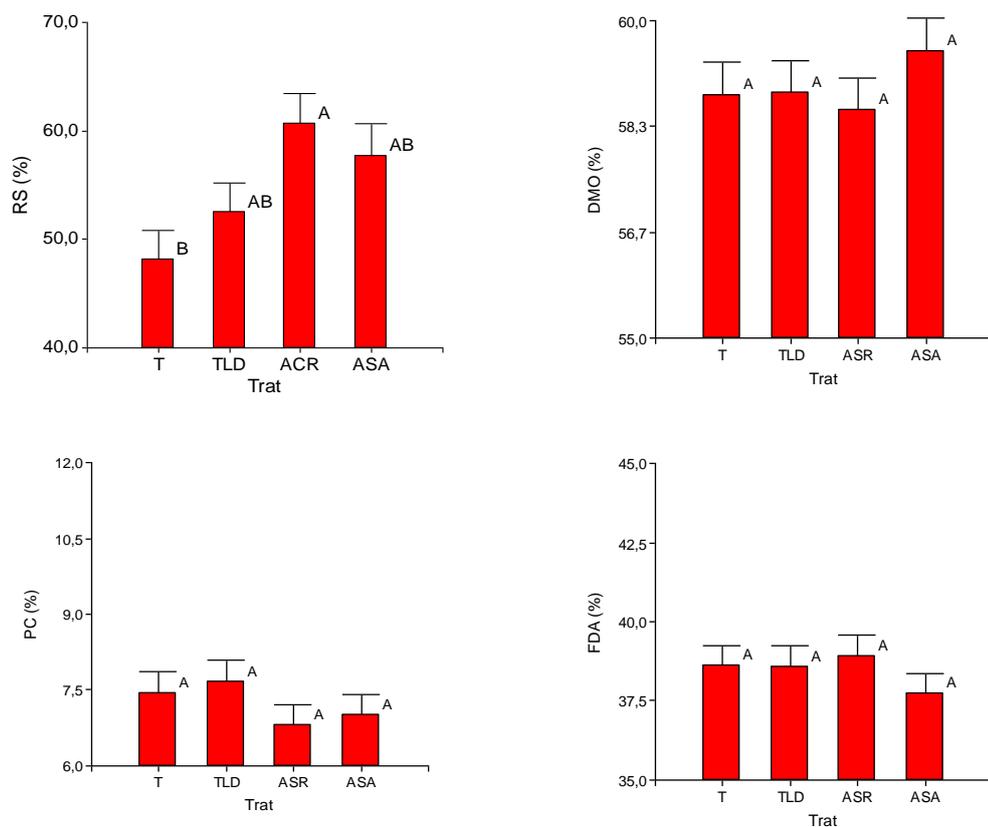
El efecto de los tratamientos y de la interacción entre tratamiento y fecha no fueron significativos ( $P > 0,05$ ), si bien el efecto de la fecha de muestro si lo fue ( $P < 0,01$ ). Solamente en la primera y cuarta fechas de muestreo se registraron diferencias significativas. En la primera, ASA y T presentaron

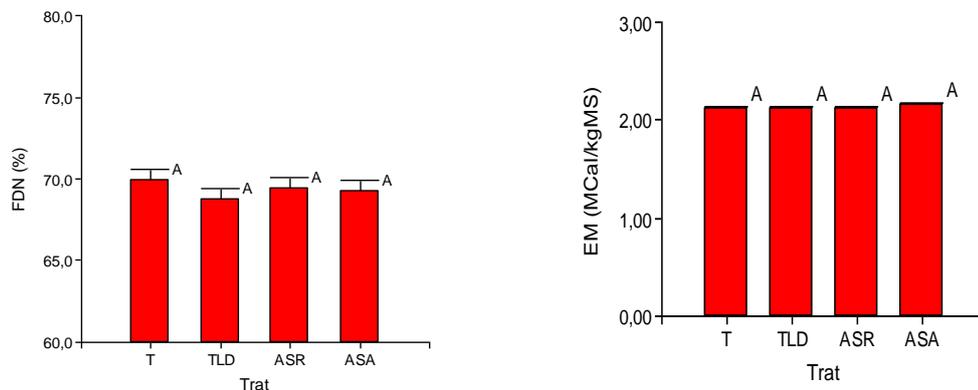
alturas similares entre sí y superiores a ASR y TLD, siendo que estos dos últimos tratamientos fueron similares entre sí a su vez. En la cuarta fecha, solamente ASA fue superior a todos los demás tratamientos, no distinguiéndose estos tres entre sí. El resto de las fechas no presentó efecto significativo de los tratamientos.

Por otro lado, ninguno de los tratamientos presentaron un contraste significativo entre disponibilidad final e inicial (T,  $P=0,4176$ ; TLD,  $P=0,9942$ ; ASR,  $P=0,2994$ ; ASA,  $P=0,8815$ ). Similares resultados se obtuvieron al contrastar altura inicial contra final (T,  $P=0,1880$ ; TLD,  $P=0,2208$ ; ASR,  $P=0,1962$ ; ASA,  $P=0,1267$ ).

### 3.2.1.2. Valor nutritivo

Los valores promedio de la pastura se presentan en la Figura 13.





*T: testigo sin suplementar; DMO; digestibilidad de la materia orgánica; PC: proteína cruda; FDA: fibra detergente ácido; FDN: fibra detergente neutro; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).*

Figura 13. Valor nutritivo promedio del campo natural según tratamientos de suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Basalto y terneros raza Hereford.

El contenido de restos secos fue afectado por los tratamientos, siendo T el tratamiento con menor contenido y ASR el tratamiento con mayor contenido, ubicándose los otros dos tratamientos en una situación intermedia. Para el resto de los parámetros no se detectó diferencia entre los tratamientos, promediando 59% DMO, 7,2% PC, 39% FDA, 69% FDN y 2,1 Mcal/kg MS.

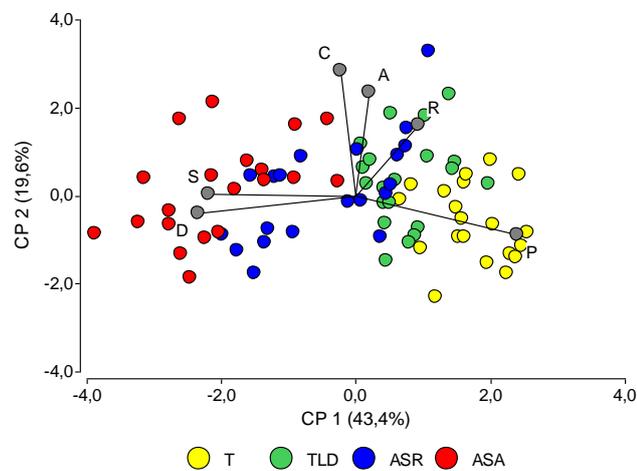
Las regresiones entre valor nutritivo del forraje y la disponibilidad (total y verde) no fueron significativas o bien presentaron muy bajo ajuste ( $R^2$  menor a 0,3). Algo similar se registró al correr las regresiones entre valor nutritivo del forraje y su disponibilidad, en donde las regresiones no fueron significativas o presentaron bajo ajuste. La correlación entre altura y disponibilidad tomando la totalidad de las mediciones fue significativa ( $P < 0,05$ ), líneal y positiva ( $R^2 = 0,45$ ).

### 3.2.2. Animales

#### 3.2.2.1. Conducta

La T: testigo sin suplementar; P: Pastoreo; R: Rumia; D: Descanso (incluye juegos, caminar, rascado, etc.); C: Camina; S: consumo de Suplemento; A: consumo de Agua.

Figura 14 presenta el análisis de componentes principales para las mediciones de conducta animal.



*T: testigo sin suplementar; P: Pastoreo; R: Rumia; D: Descanso (incluye juegos, caminar, rascado, etc.); C: Camina; S: consumo de Suplemento; A: consumo de Agua.*

Figura 14. Análisis de componentes principales de la conducta animal de un experimentos sobre Basalto con terneros de raza Hereford, según suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA).

El 63% de la variabilidad es explicada por los dos primeros componentes principales (CP). La actividad de Pastoreo (P) fue la de mayor inercia y para los tratamientos T en particular. Los animales del tratamiento ASA presentaron menores tiempos dedicados a P y mayores actividades de descanso (D) y consumo de suplemento (S).

El análisis de varianza del tiempo dedicado a cada actividad se presenta en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Efecto de suplementación suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Areniscas con terneros razas Braford sobre conducta animal como porcentaje de tiempo dedicado a cada actividad.

Act (%)	Tratamientos				EE	p-valor
	T	TLD	ASR	ASA		
P	67,7 <sup>a</sup>	52,9 <sup>b</sup>	43,3 <sup>c</sup>	23,8 <sup>d</sup>	1,47	<0,0001
R	8,3	9,8	6,7	8,4	1,00	0,1883
D	18,9 <sup>d</sup>	26,6 <sup>c</sup>	35,7 <sup>b</sup>	50,2 <sup>a</sup>	1,76	<0,0001
C	2,6	3,8	4,1	3,7	0,62	0,3294
S	0,0 <sup>c</sup>	2,8 <sup>c</sup>	6,4 <sup>b</sup>	11,0 <sup>a</sup>	0,90	<0,0001
A	2,5	4,1	3,8	3,1	0,50	0,1001

Act: actividad; P: Pastoreo, R: Rumia, D: Descanso (incluye juegos, caminar, rascado, etc.), C: Camina, S: consumo de Suplemento, A: consumo de Agua; Por fila, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

La variable que presentó mayor inercia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (P) fue afectada por los tratamientos, presentando mayor porcentaje de tiempo al pastoreo aquellos animales no suplementados en un extremo y en el otro extremo se registró en los animales suplementados *ad libitum*. Se observa un comportamiento inverso para la actividad de descanso (D), en donde los animales que presentaron mayor proporción de su tiempo a pastorear destinaron la menor proporción al descanso y viceversa. El tiempo dedicado a S fue superior para el caso

del ASA con respecto a los otros tratamientos suplementados en forma restringida, mientras que el consumo de agua y el tiempo dedicado a la caminata y rumia no vario entre tratamientos.

El

Cuadro 27 presenta las tasas de bocado matutina, vespertina y promedio.

Cuadro 27. Efecto de la suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Basalto con terneros razas Hereford sobre tasa de bocado matutina, vespertina y promedio.

Variable	Tratamientos				EE	p-valor
	T	TLD	ASR	ASA		
TB am	29,8	24,6	29,1	24,8	5,08	0,3651
TB pm	28,5	26,1	31,3	25,9	2,76	0,0948
TB x	25,2	25,3	30,1	25,9	2,51	0,0822

TB x: tasa de bocado medida en bocado/miunto; am: matutino; pm: vespertino; Por fila, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

Ninguna de las tasas de bocado fue afectada por los tratamientos.

El Cuadro 28 presenta el consumo aparente de suplemento en relación al peso vivo.

Cuadro 28. Consumo aparente de suplemento en relación al peso vivo registrado, según suministro de suplemento en todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Basalto con terneros raza Hereford sobre campo natural en invierno.

Medición	TLD	ASR	ASA
Consumo (kgMS/animal/día)	4,31	3,31	7,67

Consumo (% PV)	0,68	0,67	3,23
----------------	------	------	------

Consumo calculado en base seca.

En esta experiencia el consumo de suplemento como “desaparecido del comedero” en relación al PV promedio fue similar al objetivo (0,7% PV en base seca) en los tratamientos restringidos (TLD y ASR).

### 3.2.2.3. Respuesta animal

El Cuadro 29 presenta los resultados en producción animal.

Cuadro 29. Efecto de la suplementación suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) un experimento sobre Basalto con terneros razas Hereford sobre parámetros de desempeño animal.

Variable	Tratamientos				EE	p-valor
	T	TLD	ASR	ASA		
gmd (kg/an/día)	0,158 <sup>c</sup>	0,390 <sup>bc</sup>	0,588 <sup>b</sup>	1,319 <sup>a</sup>	0,05	0,0003
PV (kg)	191,0 <sup>c</sup>	230,7 <sup>b</sup>	242,3 <sup>b</sup>	315,9 <sup>a</sup>	5,97	0,0006
AOB (cm <sup>2</sup> )	28,3	28,7	26,7	29,8	0,86	0,1174
EGS (mm)	1,8	1,8	1,7	2,4	0,65	0,5076
P8 (mm)	2,10	1,87	1,77	2,61	0,14	0,2793

T: testigo sin suplementar; PV: peso vivo vacío; AOB, área de ojo de bife; EGS, espesor de grasa subcutánea; P8, punto 8; AOB, EGS y P8 corregidos por PV final; Por fila, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

Tanto gmd como PV fueron afectados por los tratamientos, donde los valores de ASA fueron ampliamente superiores al resto de los tratamientos para ambas variables analizadas. Los tratamientos con suplementación

restringida superaron al tratamiento testigo, mientras que estos tratamientos restringidos no difirieron entre sí. La composición tisular de los animales no fue afectada por los tratamientos al corregir los parámetros por el PV final. El efecto de la interacción entre el tratamiento y la fecha fue significativo ( $P < 0,05$ ) para todas las variables medidas.

Los contrastes realizados entre agrupaciones de tratamientos se presentan en el Cuadro 30.

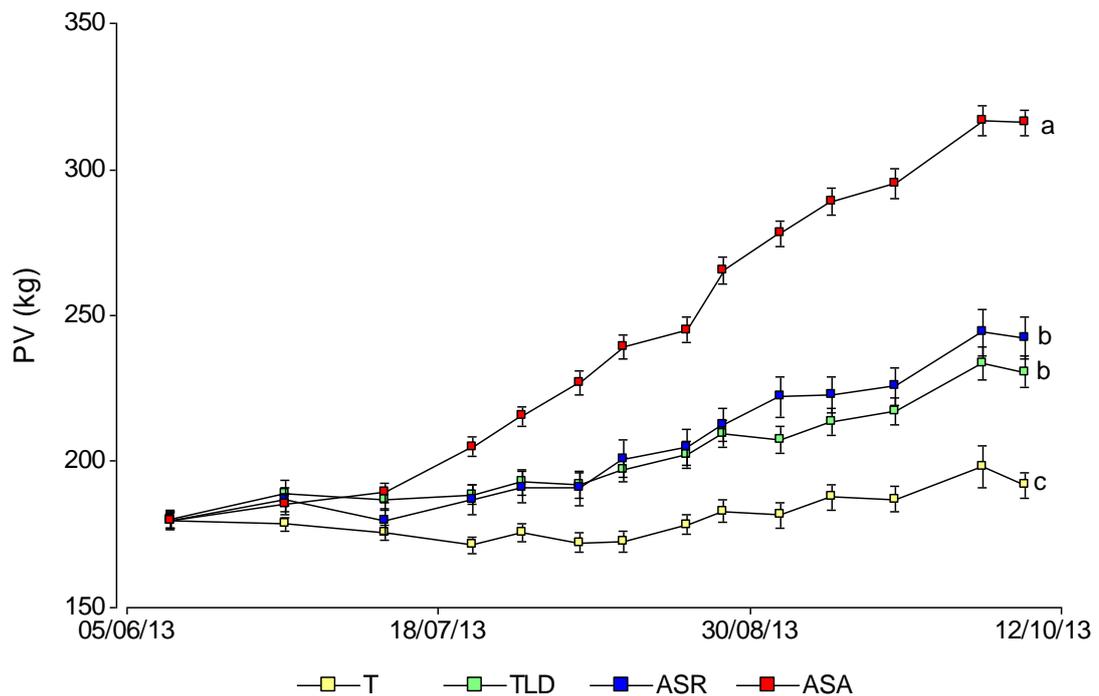
Cuadro 30. Efectos de la suplementación en general con respecto al tratamiento testigo sin suplementar, de la suplementación restringida (TLD+ASR) con el testigo, y de la suplementación restringida (TLD+ASR) en comparación con *ad libitum* (ASA) sobre el peso vivo final de un experimento sobre Basalto con terneros raza Hereford.

Contraste	p-valor
T vs Suplementados	< 0,0001
T vs Restringidos	< 0,0001
Restringidos vs ASA	< 0,0001

*T: testigo sin suplementar; TLD: suplementación todos los días al 0,8% PV; ASR: suplementación mediante auto-suministro dos veces por semana al 0,8% PV; ASA: suplementación mediante auto-suministro ad libitum; PV: peso vivo; Suplementados: tratamientos TLD, ASR y ASA; Restringidos: TLD y ASR; Contrastes significativos cuando  $P < 0,05$ .*

Se registraron en todos los casos contrastes significativos, donde la gmd de T fue inferior con respecto a los tres tratamientos suplementados y también en la comparación con los restringidos. Además, los tratamientos restringidos tuvieron inferiores ganancias con respecto al tratamiento *ad libitum*.

La evolución del PV a los largo del experimento según tratamiento se presenta en Figura 15.



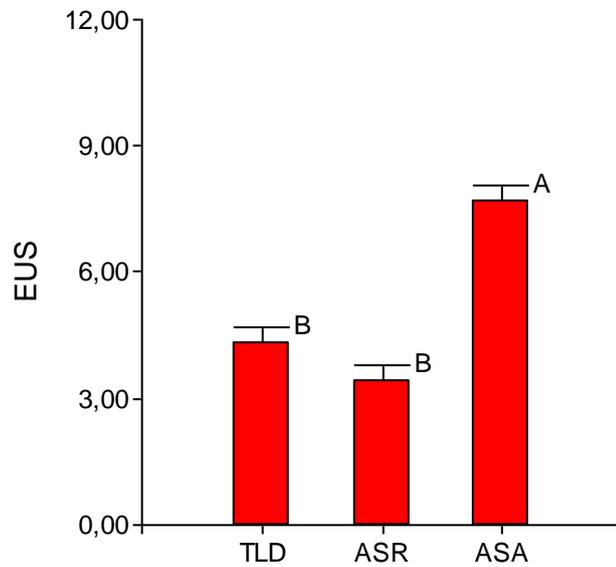
T: testigo sin suplementar; PV: peso vivo lleno.

Figura 15. Evolución del peso vivo lleno a lo largo del experimento según suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Basalto con terneros raza Hereford

El tratamiento ASA y el T comienzan a ser estadísticamente distintos a TLD y ASR en la quinta medición y las diferencias se mantienen hasta el final del período experimental ( $P < 0,05$ ). Los tratamientos TLD y ASR no presentaron diferencias entre si en PV en todo el ensayo.

### 3.2.3. Interacción forraje-suplemento-animal

La Figura 16 presenta la eficiencia promedio de uso del suplemento.



*T: testigo sin suplementar; EUS: eficiencia de uso del suplemento (kg MS/kg PV).*

Figura 16. Eficiencia promedio de uso del suplemento según suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Basalto con terneros razas Hereford.

Se registraron diferencias estadísticas en los valores de EUS entre ASA (EC = 7,68) y TLD y ASR (promedio EC = 3,86). Estos últimos no se diferenciaron entre sí.

El Cuadro 31 presenta el efecto de los tratamientos sobre las asignaciones promedio de forraje en relación al forraje total y verde.

Cuadro 31. Efecto de la suplementación suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Basalto con terneros razas Hereford sobre diferentes índices de asignación de forraje (kg/kg).

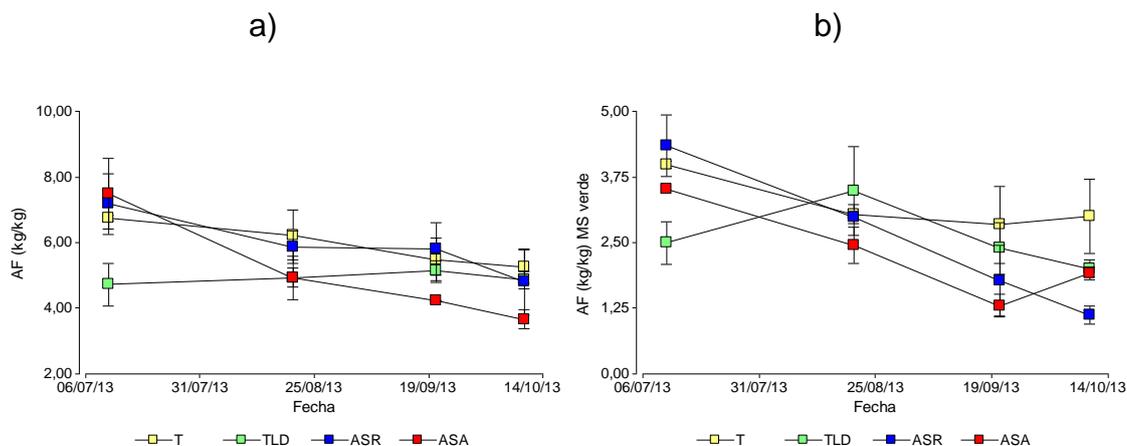
Variable	Tratamientos				EE	p-valor
	T	TLD	ASR	ASA		
AF MS total (kg MS/kg PV)	5,9	4,9	5,9	5,1	0,32	0,1658
AF MS verde (kg MS/kg PV)	3,2	2,6	2,6	2,3	0,23	0,1858

*T: testigo sin suplementar; TLD: suplementación todos los días al 0,8% PV; ASR: suplementación mediante auto-suministro dos veces por semana al 0,8% PV; ASA: suplementación mediante auto-suministro Ad libitum; AF: asignación de forraje; MS: materia seca; PV: peso vivo.*

No se registraron diferencias entre ninguna de las asignaciones de forraje calculadas por efecto de los tratamientos.

A lo largo del experimento, la T: testigo sin suplementar.

Figura 17 presenta la evolución de la asignación de forraje total y verde en kg de MS por kg de PV.



T: testigo sin suplementar.

Figura 17. Evolución de la asignación de forraje (AF) total (a) y verde (b), según suplementación animal suministrada todos los días (TLD), auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y auto-suministro *ad libitum* (ASA) en un experimento sobre Basalto con terneros raza Hereford.

Las AF calculadas en relación a la MS total fueron descendiendo en términos generales para todos los tratamientos, salvo para el caso de TLD que prácticamente se mantiene. Para el caso de las AF calculadas en relación a la MS verde, TLD presenta un comportamiento que aumenta entre la primera y la segunda fecha de medición, mientras que ASR mantiene la AF a partir de la segunda fecha. De cualquier manera, las AF en relación a la MS total no fueron distintas ( $P > 0,05$ ) en cada una de las fechas dentro de cada tratamiento. En el caso de las AF en relación a la MS verde, en la primera fecha el T fue superior al TLD ( $P=0,0483$ ), mientras que en las demás fechas, todos los tratamientos presentan igual AF entre sí.

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1. EXPERIMENTO A

#### 4.1.1. Forraje

##### 4.1.1.1. Disponibilidad y altura

La disponibilidad de MS lograda al inicio del experimento se corresponde al proceso de acumulación de la producción otoñal implementado previo al comienzo del experimento. Este proceso de acumulación del crecimiento de forraje otoñal ha sido sugerido como una estrategia de mejora de la producción invernal de la recria bovina sobre campo natural (Montossi *et al.*, 2014). La reserva del potrero sin pastoreo y el propio crecimiento otoñal del forraje apoyaron el objetivo de mejora buscado. Bemhaja (2006) destaca que la producción durante el otoño promedio (ladera alta y bajo) es de 683 kg MS/ha. Según Berretta *et al.* (2000) y Berretta y Bemhaja (1998), la producción de forraje es explicada predominantemente por las precipitaciones, las cuales presentan elevada variabilidad entre años y estaciones. Las precipitaciones registradas durante el período de acumulación del forraje prácticamente no difirieron con la serie histórica de 13 años del mismo sitio (un 2% por debajo de promedio - ver Anexo 1), por lo que puede suponerse un potencial mayor de productividad forrajera de las parcelas seleccionadas, que el promedio de lo reportado por Bemhaja (2006). Todos los tratamientos presentaron disponibilidades iniciales por encima de 1400-2200 kg MS/ha, límite reportado por Da Trindade *et al.* (2012) por debajo del cual el tiempo que los animales destinan a la actividad de pastoreo se ve afectado negativamente. Por otro lado, Bemhaja (2006) reporta una producción promedio de 355 kg MS/ha para suelos de Areniscas durante el invierno, lo que representa solo el 6,5% de la producción total anual. Por lo tanto, en estas condiciones de bajo crecimiento invernal, se refuerza la estrategia de acumulación de forraje otoñal para ser trasladado al invierno. Adicionalmente, la disponibilidad final fue favorecida por contar con

algunos días correspondientes a la estación de la primavera dentro del análisis (incluyendo los 30 días de setiembre y 15 días de octubre), donde el crecimiento de forraje se potencializa por el predominio de gramíneas perennes estivales en los tapices de campo natural de Areniscas.

En este Experimento A, al igual que lo reportado por Beretta *et al.* (2013a) utilizando auto-suministro de grano entero de maíz imitado con la inclusión de NaCl sobre raigrás, no se detectaron diferencias entre tratamientos suplementados ni testigo en disponibilidad de forraje promedio. Por otro lado, todos los tratamientos presentaron disponibilidades finales en el límite o por debajo de lo recomendado por Da Trindade *et al.* (2012) y Da Trindade *et al.* (2016). A esto se le agrega que tanto para la altura del forraje inicial, promedio y final, los valores se situaron al límite o por debajo de los 9 cm recomendados por Da Trindade *et al.* (2012) y Da Trindade *et al.* (2016) como factores inherentes a la estructura del tapiz que limitarían el tiempo destinado al pastoreo y por lo tanto su ingesta. Por lo mencionado anteriormente, se asume que por lo menos en algún momento del período experimental la disponibilidad pudo haber limitado la ingesta de forraje y por ende la producción animal, mientras que la estructura del tapiz, expresada como altura del frente de forraje pudo haber limitado dicha ingesta durante todo el ensayo.

#### 4.1.1.2. Valor nutritivo

En cuanto a los parámetros de calidad nutricional del campo natural, Gutiérrez y Morixe (1995) reportan contenidos de 59% de MS, 31% de DMO, 5,8% de PC y 46% de FDA sobre suelos de Areniscas en el invierno. En términos generales, las variables relacionadas al valor nutricional analizadas representan una calidad superior a las reportadas por estos autores.

En situaciones en donde la disponibilidad es limitante, como pudo haber sucedido en algún momento del período experimental, la calidad del forraje promedio se puede asemejar a la calidad del forraje cosechado por el animal, debido a un descenso en la capacidad de selección (Burns *et al.*,

1989). Estos elementos sugieren que, para el caso de los animales no suplementados (T), el nivel de PC y EM contenida en el forraje –su única fuente de estos alimentos- no fueron suficientes para aumentar su contenido en la dieta cosechada por los animales y por consiguiente mejorar el crecimiento animal. El aumento del contenido de RS hacia el final de experimento y su efecto negativo sobre el valor nutritivo del forraje (ofrecido y cosechado) también contribuye a explicar la respuesta animal restringida en esta pastura de campo natural.

Montossi *et al.* (1998) consideran que acumulaciones otoñales superiores a los 2000 kg MS/ha promueven pasturas que presentan una alta proporción de restos secos, afectando negativamente la productividad de los animales y de las pasturas. Salvo por TLD, todos los disponibles iniciales se situaron por encima del valor mencionado por estos autores. No obstante, no se detectaron diferencias entre el contenido de restos secos entre tratamientos (inicio, promedio y al final del experimento), por lo que se asume que no existieron grandes diferencias en calidad de forraje entre tratamientos, siendo ésta determinante en la ingesta de energía de animales en pastoreo (Carvalho *et al.*, 2015). Estos argumentos son respaldados por el hecho que no se encontraron diferencias en los contenidos de nutrientes. Por todo lo anterior, se asume que la oferta en cantidad y calidad de los nutrientes provenientes de la pastura fue muy similar entre tratamientos durante todo el período experimental. Desde el momento que el desempeño animal fue distinto entre tratamientos, éste fue explicado sobre todo por la inclusión de la ración en la dieta.

#### 4.1.2. Animales

##### 4.1.2.1. Conducta animal

Un tiempo de pastoreo total diario mayor a 8-9 horas es probable que indique condiciones limitantes en la pastura (Hodgson y Brookes, 1999); en este caso, el porcentaje del tiempo de pastoreo de los animales T corresponde a 6,3 hrs, por lo que en este sentido se estaría dentro del rango

señalado por estos autores. Sin embargo, como ya se analizó en la sección correspondiente, es posible que al menos en algún momento del período experimental la disponibilidad y/o la altura hayan sido limitantes para la ingesta de forraje, afectando particularmente a los animales no suplementados (T). Los alimentos ricos en fibra (como puede ser el campo natural) ocupan grandes volúmenes por unidad de peso seco y generalmente ocurren limitaciones físicas al consumo de la misma, antes que los animales puedan satisfacer sus demandas energéticas (Hodgson y Brookes, 1999). Es posible que este haya sido el factor principal que imposibilitó que las ganancias fueran superiores a las registradas para T.

#### 4.1.2.2. Respuesta animal

En la experiencia reportada por Rovira (2014), el buen desempeño de los animales suplementados sobre campo natural se sustentó en un elevado consumo diario de ración con fibra en régimen de auto-suministro equivalente a más del 3% del peso vivo, aunque dicho valor fue variable dependiendo de la etapa de suplementación. En este caso, el elevado consumo de suplemento para ASA (3,55%) determinó que la ingesta de forraje fuera la menor en la dieta total de los animales de este tratamiento en comparación al resto de los tratamientos. Asimismo, según NRC (2016) las gmd podrían haber sido superiores en base a este consumo de suplemento (NRC, 2016). Las diferencias entre la respuesta animal esperada y la observada generalmente son explicadas por los efectos asociativos del suplemento sobre el consumo voluntario y la energía disponible de la dieta total (Moore *et al.*, 1999a), lo cual estaría siendo el caso para los animales del tratamiento ASA.

Las dificultades de estimar el consumo de forraje, tanto por no contar con el valor de la tasa de crecimiento de forraje (Oltjen y Gunter, 2015) como las propias limitantes de estimar el mismo en condiciones de pastoreo (Reeves *et al.*, 1996) son limitantes que enfrenta la investigación internacional para explicar la respuesta animal obtenida, más aún cuando se incluye la

suplementación en estas condiciones. Este ensayo presenta estas mismas limitaciones. No obstante, según el modelo CSIRO (2007), la estimación del consumo de materia seca proveniente del forraje sería de 5,0, 4,0, 4,1 y 0, para los tratamientos T, TLD, ASR y ASA, respectivamente (Anexo 3).

A pesar de la variabilidad en producción de las pasturas reflejadas por la variabilidad en producción animal, la respuesta animal invernal en categorías de terneros que se observa sobre tapices de campos naturales en Uruguay, en general y sin reservas de forraje acumulado en el otoño, oscila en el rango de -0,050 y -0,200 kg/an/día (Quintans *et al.*, 1993; Quintans, 1994; Quintans y Vaz Martins, 1994; Pigurina, 1994; Brito y Fiol, 2006). Esto significa que solo por el hecho de haber introducido la tecnología de la acumulación de forraje previa durante el otoño las ganancias medias obtenidas para animales sin suplementar (T) presentarían aumentos sustanciales y logran ganancias moderadas (Montossi *et al.*, 2014), de igual modo que sucedió en este caso (0,155 kg/an/día) para campo natural de Areniscas. Esto concuerda con las estimaciones de NRC (2016), que indican que, tanto en términos de requerimientos de EM como de PC, los animales de T contaban con una oferta adecuada de estos nutrientes para alcanzar ese desempeño.

En cuanto a la diferencia en respuesta animal entre los dos tratamientos restringidos (TLD y ASR), quedó demostrado que suministrar la misma cantidad de suplemento promedio diario (TLD) logra producciones similares con respecto a dividir la misma cantidad semanal en dos ocasiones (ASR). Esta información coincide con lo reportado por Lagomarsino *et al.* (2014a) y Luzardo *et al.* (2014).

Drewnoski *et al.* (2011) reportaron respuesta positiva a la suplementación de novillos en crecimiento cuya base era heno de festuca de calidad regular; sin embargo, no reportaron diferencias en gmd al comparar suplementación diaria contra suplementación suministrada tres veces por semana, a igualdad razón de suplementación promedio semanal. Tanto en la gmd como

en el PV, los animales de los tratamientos con restricción de suplemento (TLD y ASR), no registraron diferencias entre sí, lo que coincide con los hallazgos de los autores recién mencionados.

Los resultados de los tratamientos T de estos experimentos, se ajustan a lo que afirman Lagomarsino *et al.* (2014), al referirse a tapices de campo natural de Basalto, mencionan de que la estrategia de diferimiento de forraje del otoño al invierno permite obtener ganancias de peso invernales entre 100 y 400 gramos por animal por día, con una carga promedio de 1,16 UG/ha. La carga promedio calculada en este ensayo para T fue de 1,11 UG/ha, por lo que en este sentido, los resultados del mismo están en acuerdo con la información y recomendaciones reportadas por estos autores.

La suplementación sobre campo natural es una estrategia válida para mitigar las variaciones estacionales de la oferta de proteína y energía, impactando positivamente en la respuesta animal (Boval *et al.*, 2015). En una revisión llevada adelante por Beck *et al.* (2013) considerando calidades de forraje insuficientes para lograr un desempeño animal satisfactorio, la suplementación sobre pasturas estivales aumentó la respuesta individual y total al comparar situaciones sin suplementar. Los resultados del Exp A concuerdan con estos autores, ya que los animales del tratamiento sin suplementar (T) lograron gmd significativamente menores con respecto a animales suplementados.

En cuanto al suplemento utilizado, Del Curto *et al.* (2000) sostienen que el suplemento ideal es aquel que mejor se ajusta a los requerimientos nutricionales del animal, es fácil de manejar y suministrar, y además es el más económico tanto por su precio como por el método de suplementación. En este caso, la ración con fibra sin limitador de consumo y un 14% de PC se ajustó a los requerimientos animales de ganancias moderadas (ASR y T) y altas (ASA) y también demostró ser apta para manejos con esquemas de auto-suministro (ASR y ASA), reduciendo el costo en tiempo de suministro y en mano de obra y potencial consumo de combustible (traslados para el

llenado de comederos). Por lo tanto, se considera que el tipo de suplemento utilizado se adaptó a los objetivos y condiciones de los sistemas ganaderos extensivos de las Areniscas.

Un contenido reducido de energía en la dieta que consumen los rumiantes prolonga su crecimiento esquelético y muscular, reatrasando la deposición de grasa (Yambayamba y Price, 1991). En este caso, los animales del tratamiento ASA presentaron una concentración energética de la dieta total ofrecida 3,5 veces superior a la dieta de asignada a los animales T (NRC, 2016). Sin embargo, al analizar los resultados obtenidos en términos de crecimiento muscular y deposición de grasa (AOB, EGS y P8) corregidos por PV final, no se encontró diferencia entre los tratamientos. Es posible que la duración del período experimental no haya permitido expresar las diferencias esperables en cuanto a deposición de tejido graso diferencial, al menos entre los dos tratamientos más contrastantes en términos de ingesta de energía (T vs ASA).

#### 4.1.3. Interacción pastura-suplemento-animal

La elevada variabilidad en las mediciones en el consumo de suplemento del tratamiento ASA no permitió registrar diferencias significativas entre las EUS de los tratamientos con razones de suplementación restringidas (ASR y TLD), si bien numéricamente se presentó una diferencia de 50% entre la EUS de ASA y las EUS de ASR y TLD. Dada esta elevada variabilidad, se planteó el estudio de la variabilidad interna en el PV final de todos los tratamientos mediante el cálculo del coeficiente de variación (Cuadro 32).

Cuadro 32. Coeficiente de variación del peso vivo final de terneros de raza Braford sobre campo natural de Areniscas sin suplementación (T), suplementados todos los días (TLD), suplementados mediante auto-suministro restringido a dos veces por semana (ASR) y suplementados *ad libitum* (ASA).

	<b>T</b>	<b>TLD</b>	<b>ASR</b>	<b>ASA</b>
Coef. Variación PV (%)	13	11	18	18

Coef. Variación: coeficiente de variación; PV: peso vivo vacío.

Si los cambios en el frente de ataque por animal en suplementación pueden influir sobre la competencia entre animales y la variación en el consumo del suplemento (Bowman y Sowell, 1997), entonces se explica de esta manera la mayor variabilidad intra-tratamiento en los PV finales en los tratamientos ASR y ASA. Estos autores argumentan que niveles elevados de competencia entre animales hacen que aumente la proporción de animales que no acceden al suplemento, mientras que situaciones de baja competencia entre animales redundan en mayores variaciones individuales de su consumo. Considerando que lo recomendado por Rovira y Velazco (2012) para frentes de ataque totales utilizando comederos de auto-suministro es 3-4 cm por animal y en estas experiencias fue ampliamente mayor, probablemente la competencia entre animales por suplemento haya sido baja en este experimento.

Al suplementar ganado vacuno sobre pasturas, la ingesta de materia seca (MS) proveniente del pasto se ve disminuida, si bien el consumo total de la dieta (forraje + suplemento) se ve aumentada; la magnitud de esta sustitución de pastura por suplemento depende del nivel total de consumo de MS (Holmes, 1987). Este autor además argumenta que el ganado suplementado consumiría menos MS del forraje que lo esperable según la asignación forrajera si los animales no fueran suplementados y que predecir el consumo de MS es más confiable si el cálculo se basa en la asignación de forraje en lugar de la cantidad de MS remanente. Considerando que no se

cuenta con la estimación del consumo como se mencionó previamente, sumado a los argumentos de Holmes (1987) en cuanto a que predecir el consumo a partir del forraje remanente no es demasiado confiable esta podría ser otra razón por la cual la disponibilidad final de forraje no fue afectada por los tratamientos. La diferencia detectada en los PV finales hace suponer la presencia de fenómenos de sustitución-adición entre forraje-suplemento, por lo cual el consumo de pasturas es posible que sea explicado en mayor medida por la asignación de forraje que por la disponibilidad de forraje remanente.

El consumo de forraje está asociado positivamente con la asignación de forraje (Da Trindade *et al.*, 2016). McCartor y Rouquette (1977) y luego Sollenberger *et al.* (2005) mencionan un punto crítico de asignación de forraje de 3,31 kgMS/kgPV por encima del cual, terneros pastoreando una gramínea perenne, no aumentan su peso vivo. Por encima de este valor de asignación de forraje, el consumo total de materia seca se vería negativamente afectado. En el caso del presente trabajo, en términos generales, las asignaciones de forraje totales se encuentran por encima de este valor crítico. Según Thompson y Poppi (1990), cuando la proporción de restos secos del forraje es mayor al 25%, la respuesta animal esta más asociada al contenido de materia seca verde del forraje. Tal es el caso del presente experimento, cuando se utiliza la asignación del forraje verde, éste no supera los 2 kgMS/kgPV. Por lo tanto, se concluye que esta asignación de forraje podría haber sido limitante para el consumo de forraje.

## 4.2. EXPERIMENTO B

### 4.2.1. Forraje

#### 4.2.1.1. Disponibilidad y altura

Al igual que en el Exp A, la disponibilidad de MS inicial se corresponde a la acumulación de forraje otoñal. Este proceso de acumulación del crecimiento de forraje otoñal ha sido sugerido como una estrategia de mejora de la producción invernal de la recria bovina sobre campo natural en el Basalto (Montossi *et al.*, 2014). Se logró el objetivo plateando vía la reserva del potrero sin pastoreo y el propio crecimiento otoñal del forraje obtenido. El promedio de suelos superficiales negros y profundos (similares a los suelos de las parcelas utilizadas en el Exp B) reportados por Berretta y Bemhaja (1998) para el otoño es de 877 kg MS/ha. Las precipitaciones otoñales fueron un 12% superior al promedio de una serie histórica de 11 años en el mismo sitio experimental (ver Anexo 2), lo cual estarían explicando la mayor acumulación de forraje en esta estación.

La producción de materia seca invernal del Basalto en los suelos superficiales negros y profundos reportada por Berretta y Bemhaja (1998) es de 626 kg MS/año, correspondiente al 15% de la producción anual. La producción de forraje es explicada predominantemente por las precipitaciones (Berretta *et al.*, 2000; Berretta y Bemhaja, 1998) y en este caso las precipitaciones registradas durante los meses del ensayo propiamente dicho fueron un 7% superior al promedio de la misma serie histórica, con lo que podría suponerse una tasa de crecimiento probablemente mayor a la reportada por Berretta y Bemhaja (1998). Al igual que con la disponibilidad inicial, todos los tratamientos presentaron disponibilidades promedio y finales superiores a los 2200 kg MS/ha reportados por Da Trindade *et al.* (2012), lo cual debió favorecer la conducta animal en pastoreo en términos de tiempo destinado a esta actividad.

Al igual que en el ensayo llevado adelante por Beretta *et al.* (2013a) con suplementación mediante auto-suministro y diaria vs. testigo sobre raigrás, no se registraron diferencias en disponibilidades ni en las asignaciones de forraje entre tratamientos, siendo que la disponibilidad del campo natural y la asignación de forraje están relacionadas linealmente (Da Trindade *et al.*, 2016).

Las alturas del forraje iniciales y promedio se encontraron por encima de los 9 cm, por lo que al menos al inicio del ensayo la estructura del tapiz no habría limitado el consumo de forraje según lo reportado por Da Trindade *et al.* (2012) y Da Trindade *et al.* (2016). Por otro lado, si bien las alturas finales no fueron estadísticamente diferentes entre tratamientos, las alturas del tapiz fueron todas menores a los 9 cm (salvo ASA), por lo cual, puede suponerse que en alguna medida, hacia el final del período experimental, la estructura del tapiz de estos tratamientos puede haber limitado el consumo de forraje.

#### 4.2.1.2. Valor nutritivo

Todos los disponibles iniciales de este experimento se situaron por encima de los 2000 kg MS/ha señalados por Montossi *et al.* (1998) como condiciones que afectan negativamente la productividad de los animales y de las pasturas, especialmente si se considera la proporción de restos secos en el forraje. Lagomarsino *et al.* (2014) reportan contenidos promedio de restos secos de campo natural de Basalto diferido del otoño al invierno (60-80 días) de entre 50% y 37%, según el año considerado. En esta experiencia el contenido de restos secos menor (caso de T y ASA) se encontró muy cerca del límite superior reportado por la bibliografía. La relevancia del contenido de los restos secos radica en que este parámetro puede explicar las diferencias en el valor nutritivo entre el forraje ofrecido y el efectivamente cosechado por el animal (Montossi *et al.*, 1998). Si bien las comunidades de plantas de los campos naturales son inherentemente heterogéneas dada la diversidad de especies que componen el tapiz (Toombs *et al.*, 2010), desde

el momento que el forraje presentó elevado contenido de restos secos, la posibilidad de seleccionar material verde se vio disminuida en todos los tratamientos, pero en particular para el tratamiento ASR.

La oferta de nutrientes de las pasturas con predominio de especies C4 en el caso de animales no suplementados es la mayor determinante de las ganancias (Boval *et al.*, 2015). La proteína es considerada típicamente el nutriente limitante primario (Bodine y Purvis, 2003); además, una deficiencia nutricional, particularmente de proteína cruda, puede afectar la ingesta de forraje negativamente (NRC, 2000). Mientras que Saldanha (2005) reportó un contenido de PC de 9,5% para el campo natural en invierno sobre suelos de Basalto, este ensayo presentó valores promedio inferiores (7,2%). Este contenido de PC -que no presentó diferencias entre tratamientos- se encuentra en el límite de lo reportado por Van Soest (1982) y Poppi y McLennan (1995) como contenidos que limitan el consumo de forraje (6-8%). Además, según Moore *et al.* (1991), una eventual suplementación proteica no necesariamente determinará un aumento de dicho consumo. Considerando todo esto, se concluye que para el caso del Exp B, el contenido limitante de PC pudo haber jugado un rol importante en la explicación de la respuesta animal de todos los tratamientos, pero particularmente en los animales no suplementados (T).

#### 4.2.2. Animales

##### 4.2.2.1. Conducta animal

Carvalho *et al.* (2015) afirman que cuando la dieta es de baja calidad y los animales tienen poca posibilidad de seleccionar, la actividad de pastoreo es el factor que más explica la respuesta animal. Tal como fuera discutido en el apartado previo, esta situación forrajera podría ser el caso de todos los tratamientos del Exp B. La variable de conducta animal que más explicó la variación en el ACP fue la actividad de pastoreo, particularmente en los tratamientos no suplementados (T), mientras que el consumo de suplemento y descanso explicaron más los resultados en el caso de ASA. Adams (1985)

reportó que el tiempo dedicado al pastoreo y a la rumia no fue distinto ( $P > 0,05$ ) entre novillos sin suplementar pastoreando un tapiz compuesto de gramíneas en relación a animales suplementados, utilizando una razón de suplementación del 0,3% PV con maíz. Por otra parte, Luzardo *et al.* (2014a) reportaron mayor tiempo dedicado a la actividad de pastoreo de animales similares a los de este ensayo en tratamientos sobre campo natural en invierno sin suplementación, en relación a animales suplementados al 1% con afrechillo de arroz entero. Estos autores sugieren que el hecho de haber detectado diferencias en el tiempo destinado al pastoreo, señala la presencia de efectos de sustitución de forraje por suplemento; por lo tanto en esta experiencia también se habría registrado un fenómeno de algún grado de sustitución de forraje por suplemento en los tratamientos suplementados.

#### 4.2.2.2. Respuesta animal

Bowman y Sowell (1997) argumentan que cuando el frente de ataque de suplementación es excesivo, como sucede en el caso de ASR, la variación en el consumo individual de suplemento aumenta. Sin embargo, al comparar ASR con TLD el consumo efectivo es muy similar, por lo que en esta experiencia el frente de ataque probablemente no haya influido ni positiva ni negativamente en el consumo del suplemento.

La ganancia de peso depende sobre todo del suministro de proteína y energía (Poppi y McLennan, 1995). En animales suplementados, estos nutrientes pueden provenir tanto del forraje como del suplemento. Según la ecuación NRC (2016), todos los tratamientos presentaron un balance positivo en términos de EM y de PC, si bien los animales correspondientes a ASA presentaron los excesos más grandes de estos nutrientes (100% más de EM y PC sobrantes que los tratamiento con menores excesos; TLD para EM y ASR, respectivamente). Dado que en general, la suplementación afecta positivamente las ganancias (Boval *et al.*, 2015) y por lo tanto el PV final de los animales, se asume que a mayor consumo de suplemento, mayor ganancia y PV final, lo que efectivamente se registró en el Exp B.

Según Dixon *et al.* (2017), el consumo de suplemento proporcionado *ad libitum* presenta alta variación en su distribución entre individuos. Sin embargo, al calcular el coeficiente de variación del PV final del tratamiento ASA (4%) éste es inferior a los CV de ambos tratamientos restringidos (TLD=7%; ASR=9%). Por todo lo anterior, se concluye que el consumo de suplemento individual del tratamiento ASA no presentó una gran variabilidad entre animales.

Tomando como antecedentes ensayos realizados en condiciones muy similares en el caso de los terneros del tratamiento T, en donde las ganancias entre el primer y segundo año de evaluación se triplicaron (Lagomarsino *et al.*, 2014) o aumentaron en un 50% (Cazzuli *et al.*, 2016), se puede sostener que el "efecto año" incide notoriamente en las pasturas, reflejados a través de resultados de producción animal. De hecho, Berretta y Bemhaja (1998) mencionan que las tasas de crecimiento presentan muy alta variabilidad en suelos sobre Basalto, dependiendo fuertemente del año de evaluación. Por todo esto se concluye que las tasas de crecimiento, entre otros factores, estarían explicando gran parte de los resultados en producción animal, especialmente en el tratamiento sin suplementación (T).

Según el modelo CSIRO (2007), la estimación del consumo de materia seca proveniente del forraje sería de 5,0, 4,1, 4,8 y 0, para los tratamientos T, TLD, ASR y ASA, respectivamente (Anexo 3). Los animales del tratamiento ASA presentaron en promedio un 14% menos de gmd que lo esperado según la composición de la dieta (NRC, 2016). Los animales del tratamiento T generaron sus gmd a partir de las mismas condiciones de disponibilidad y calidad que ASA, ya que, al comparar disponibilidades iniciales, promedio y finales, no se encontraron diferencias entre estos tratamientos. Desde el momento en que tampoco se detectaron diferencias al analizar la variación intra tratamientos entre disponibilidad final e inicial, se asume que las condiciones forrajeras fueron similares para todos tratamientos a lo largo del experimento. Esto significaría que la performance animal fue determinada

principalmente por el suministro de ración, más que por las condiciones de cantidad y calidad de la pastura, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en producción animal.

Brandyberry *et al.* (1991) trabajaron con novillos sobre campo natural (PC= 6,8%) suplementados mediante régimen de auto-suministro si bien con entregas diarias, no registrándose diferencias entre tratamientos en la ingesta de forraje e ingesta total al comparar novillos suplementados diariamente vs. mediante auto-suministro. Es decir, el consumo de forraje reportado por estos autores no fue distinto entre tratamientos similares a los tratamientos TLD y ASR de nuestra experiencia. Desde el momento que la respuesta animal no difirió entre TLD y ASR y que las condiciones de la pastura no presentaron diferencias tampoco, se asume que el forraje consumido por estos dos grupos de animales debe haber sido muy similar. Esto además coincidiría con lo reportado por Drewnoski *et al.* (2011) en una experiencia en la que se suplementaban novillos con un concentrado energético-proteico, cuya dieta base era heno de media calidad (7-10% PC); la ingesta de materia seca total no difirió entre una frecuencia diaria vs. frecuencia dos y tres veces por semana de suplementación.

Según las ecuaciones de NRC (2016), los animales del tratamiento T consumieron un 13% menos de forraje que los animales de los tratamientos restringidos (TLD y ASR). Si bien las gmd de T fueron similares a las logradas en TLD, los PV finales de los tratamientos restringidos fueron significativamente mayores a los obtenidos en T, representando un PV final 8-9% superior a T. Esto significaría que los tratamientos restringidos (TLD y ASR) presentaron una cierta cantidad de sustitución de forraje por suplemento.

En cuanto a los resultados de la calidad de canal *in vivo* (AOB, EGS, P8), no se registraron diferencias entre los tratamientos. Según Vaage *et al.* (1998), el potencial para la deposición de músculo va a influir en los requerimientos energéticos posteriores. Además, el desempeño animal durante la recría es

de suma importancia, ya que este tiene impacto en la fase de terminación y en la producción *post mortem* (Neel *et al.*, 2007). En el presente experimento, los diferentes planos alimenticios no fueron suficientes para generar diferencias en la deposición de tejido magro, al menos durante los aproximadamente 4 meses que duró el ensayo. Según Yambayamba y Price (1991) una ganancia invernal restringida por un período de hasta 4 meses puede ser compensada posteriormente en términos de peso y composición tisular al ser expuestos a un plano alimenticio mejorado con respecto a la etapa restrictiva. Por todo lo anterior, se concluye que posiblemente las diferencias en ganancias y pesos detectadas entre tratamientos durante el ensayo, puedan haber desaparecido durante la fase posterior.

#### 4.2.3. Interacción pastura-suplemento-animales

Las EUS de ASA se diferenciaron estadísticamente en comparación con los tratamientos restringidos. Según Gadberry *et al.* (2009), razones de suplementación de hasta 0,6% PV aumentan el desempeño animal, pero tienden a una disminución de la eficiencia del uso del suplemento, en condiciones de pastoreo sobre especies C4 y suplementación proteica. En los tratamientos restringidos se trabajó con una mayor razón de suplementación y aumentaron el PV final en relación a T, pero además presentaron eficiencias de uso del suplemento mejores que para ASA, en contraste con lo indicado por Gadberry *et al.* (2009). Según NRC (2016), los animales del tratamiento ASA presentaron un balance positivo tanto de energía como de proteína en la dieta en relación a la dieta ofrecida y la respuesta obtenida. Sin embargo, al contrastar las cantidades de cada nutriente, se constata que el exceso de proteína fue mayor que el exceso de energía proporcionado. Por lo tanto, se asume que la pobre eficiencia del uso del suplemento en ASA se debió principalmente al suministro excesivo de proteína y no tanto de energía.

Greenquist *et al.* (2009) reportaron que la disponibilidad promedio de una pastura de *Bromus sp.* no fue distinta entre parcelas de novillitos sin

suplementar vs. suplementados con subproductos industriales a base de granos de destilería secos (DDGS: PC > 30%), si bien las parcelas del tratamiento no suplementado presentaron una menor capacidad de carga, registrándose ganancias mayores para los animales suplementados en comparación a los no suplementados. El hecho de que las parcelas con animales suplementados presentaran una mayor capacidad de carga es una manera indirecta de demostrar que el forraje remanente fue mayor que en las parcelas no suplementadas. Complementariamente, en la experiencia reportada por Rovira (2014), la suplementación con ración con fibra sin limitador del consumo sobre campo natural (tratamiento similar a ASA) incrementó la disponibilidad, asignación de forraje y altura del tapiz debido a la sustitución del consumo de pasturas por el consumo de ración. En este caso, lo reportado por los autores mencionados (mayor disponibilidad de forraje en parcelas con animales suplementados *ad libitum*) no coincide con lo hallado aquí, ya que ni las disponibilidades finales ni la asignación de forraje total y verde registraron diferencias estadísticamente significativas al final de los períodos experimentales. Por ende y con la información de la que se dispone, no se puede afirmar que los animales del tratamiento ASA consumieron menos forraje que los demás tratamientos, a pesar de haber destinado menor tiempo a la actividad de pastoreo.

En el otro extremo, según Hersom et al. (2004), terneros pastoreando campo natural durante el invierno pueden llegar a incrementar sus requerimientos de energía para mantenimiento a un nivel que puede llegar a afectar su desempeño posterior. Estos autores reportaron ganancias menores a los 0,200 kg/an/día en terneros de razas británicas que pastoreaban campo natural en dormancia y eran suplementados con concentrado proteico, sosteniendo que sus requerimientos de energía para mantenimiento aumentaron en la etapa posterior (invernada). Los animales del tratamiento T son muy similares a los animales cuya información reportan estos autores, por lo que podría suponerse que los requerimientos de energía para mantenimiento puedan haberse visto aumentados en este tratamiento

durante el ensayo, con una cierta probabilidad de afectar su desempeño posterior.

La asignación de forraje total de todos los tratamientos se ubicó siempre por encima del límite reportado (3,31 kgMS/kgPV) por McCartor y Rouquette (1977). De cualquier manera, en términos de la asignación de forraje verde todos los tratamientos finalizaron con un valor menor de asignación. Esto adquiere aún mayor importancia desde el momento que el contenido de restos secos en este experimento fue siempre superior al recomendado por Thompson y Poppi (1990). Por lo cual, el uso de la asignación de forraje verde esta mejor asociada la respuesta animal que la asignación de forraje total. Según Boval *et al.* (2015), las pasturas naturales tienen un alto potencial para generar gmd satisfactorias, especialmente asociado a un elevado consumo de materia seca. Si se parte de la base que la asignación de forraje fue limitante para presentar una muy elevada ingesta de forraje, esto significa que probablemente, frente a una mayor asignación de forraje en animales no suplementados, la respuesta animal se podría haber visto aumentada en alguna medida.

## 5. CONCLUSIONES

En condiciones de ganadería extensiva y en el marco de un proceso de intensificación sostenible, es posible mejorar la recría invernal de bovinos sobre campo natural diferido (de otoño al invierno), mediante la suplementación estratégica en sistemas de auto-suministro restringido, logrando ganancias moderadas y un uso eficiente del suplemento.

Es indistinto suplementar todos los días que realizar esta práctica dos veces por semana mediante el uso de comederos de auto-suministro de ración.

Sobre una base de campo natural, con tecnologías de proceso de sencilla aplicación y de bajo costo, como es el caso del diferimiento de forraje del otoño para el invierno (aproximadamente 60-90 días), los animales presentaron ganancias positivas; 0,155 y 0,158 kg/an/día, para los Exp A – Areniscas- y B –Basalto-, respectivamente. Estas ganancias superan ampliamente lo esperado en condiciones de no diferimiento según la bibliografía nacional consultada, donde lo usual es observar pérdidas de peso en el rango de 0,100 a 0,200 kg/an/día. En este contexto mejorado de diferimiento de forraje, los animales suplementados restringidamente (TLD y ASR) también presentaron una respuesta positiva a la suplementación, registrándose diferentes grados de efectos de adición y sustitución de forraje por suplemento según el caso. Esta suplementación restringida permite aumentos sustanciales en las ganancias invernales en el rango de 0,620-0,625 kg/an/día y 0,390-0,588 kg/an/día, para los experimentos A y B, respectivamente.

A igualdad de razón de suplementación promedio diaria (0,8 o 1,2 % PV) de una ración balanceada con fibra sin el uso de limitador del consumo, es indistinto suplementar todos los días, que realizar esta práctica dos veces por semana mediante el uso de comederos de auto-suministro de ración.

Los valores de eficiencia en el uso de suplemento se ubicaron aproximadamente entre 6 y 4 kg MS/kg PV para los tratamientos TLD/ASR

de los Exp A y B, respectivamente, siendo estos valores interesantes del punto de vista biológico y eventualmente económico.

Asimismo, si este suplemento es suministrado en condiciones *ad libitum* (ASA) las ganancias logradas son elevadas (1,135 y 1,319 kg/an/día para los Exp A y B, respectivamente). Las eficiencias de uso del suplemento logradas fueron 9,4 y 7,7 kg MS/kg PV para los Exp A y B, respectivamente. Estas eficiencias logradas podrían ser restrictivas para su aplicación generalizada a nivel comercial en base a la información de precios históricos de suplementos y de terneros/as con los pesos alcanzados luego del invierno en esta experiencia.

La información generada en esta línea de trabajo requiere de un proceso de validación tecnológica en condiciones comerciales con un mayor número de animales y sistemas de suplementación donde se incorporen los efectos de restricciones en la conducta animal (dominancia y sumisión, a modo de ejemplo). En forma adicional, ante eventuales trabajos de investigación que sigan esta línea de trabajo, se podrían evaluar otro tipo de suplementos (tales como afrechillo de arroz, residuo de la industria del etanol -DDGS-, entre otros), otro tipo de bases forrajeras (verdeos o praderas), otra estación del año (ej. otoño o verano) u otra categoría bovina (novillos o vaquillonas). Asimismo, podría ser de mucho interés contar con una información detallada y precisa en cuanto a los costos incurridos en mano de obra y traslado de ración, para comparar la relación costo:beneficio entre la suplementación diaria y el auto-suministro restringido.

Finalmente, se destaca que la información aquí presentada en torno a la mejora de la recría de terneros en su primer año de vida durante el período invernal, podría incidir positivamente en la reducción de la edad de entore de vaquillonas así como la mejora del proceso de recría de machos (en sistemas de ciclo incompleto) y eventualmente en la reducción de la edad de faena de novillos (en sistemas de ciclo completo). Estas propuestas hacen foco en intervenciones tecnológicas estratégicas de la intensificación de la

ganadería nacional, con énfasis en las regiones agroecológicas del Basalto y Areniscas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Adams, D. 1985. Effect of time of supplementation on performance, forage intake and grazing behavior of yearling beef steers grazing Russian wild ryegrass in the fall. *Journal of Animal Science*, (61): 1037–1042.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th revised edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- ARC (Agricultural Research Council). 1980. *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. Technical Review by ARC Working Party; CAB. Farnham Royal, UK. 59–64.
- Beaty J, Cochran R, Lintzenich B, Vanzant E, Morrill J, Brandt R, Johnson D 1994. Effect of frequency of supplementation and protein concentration in supplements on performance and digestion characteristics of beef cattle consuming low-quality forages. *Journal of Animal Science*, (72): 2475–2486.
- Beck P, Anders M, Watkins B, Gunter S, Hubbell D, Gadberry M. 2013. Improving the production, environmental, and economic efficiency of the stocker cattle industry in the Southeastern United States. *Journal of Animal Science*, (91): 2456–66.
- Bemhaja M. 2006. Productividad forrajera de comunidades de campo natural. En: Behmaja M, Pittaluga O. (Eds). *30 Años de investigación en suelos de areniscas*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 159). 33–38.
- Benítez S, Cunha F, Fernández G, Velazco J, Rovira P. 2012. Efecto de la sustitución de proteína verdadera por nitrógeno no proteico en el desempeño productivo de terneros suplementados con grano húmedo de sorgo sobre campo natural. En: Rovira, P. (Ed). *Suplmentación de bovinos con grano húmedo de sorgo y fuentes proteicas sobre campo natural*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 212). 29–46.

- Beretta V, Simeone A, Algorta B, López I, Iruleguy G. 2015. Cruzando los puentes verdes en sistemas agrícola-ganaderos: combinando el uso de avena, la recría de terneros y el sistema de autoconsumo. En: 17° Jornada Anual UPIC. El negocio ganadero, ese difícil equilibrio. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 45–53.
- Beretta V, Simeone A, Cepeda M, Scaiewicz A, Villagrán J. 2013a. Uso del autoconsumo en la suplementación invernal de terneros con grano entero de maíz sobre raigrás. En: 15° Jornada Anual UPIC. Simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 33–41.
- Beretta V, Simeone A, Cortazzo D. 2013b. Uso de comederos de autoconsumo en la suplementación de terneros de destete precoz en pastoreo. En: 15° Jornada Anual UPIC. Simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 42–47.
- Beretta V, Simeone A. 2013. Consumo en el autoconsumo. En: 15° Jornada Anual UPIC. Simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 48–51.
- Beretta V, Simeone A, Viera G. 2010. Utilización de avena para pastoreo con terneras Hereford (resumen). *Agrociencia Uruguay*, (14): 201.
- Berretta J, Risso D, Montossi F, Pigurina G. 2000. Campos in Uruguay. En: Lemaire G, Hodgson J, de Moraes A, Nabinger C, Carvalho F. (Eds.) CAB International 2000. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. 377–394.
- Berretta E, Bemhaja M. 1998. Producción estacional de comunidades naturales sobre suelos de Basalto de la unidad Queguay Chico. En: Berretta, E. (Ed). Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 102). 11–20.

- Bodine T, Purvis H. 2003. Effects of supplemental energy and/or degradable intake protein on performance, grazing behavior, intake, digestibility and fecal and blood indices by beef steers grazed on dormant native tallgrass prairie. *Journal of Animal Science*, (81): 304–317.
- Boval M, Edouard N, Sauvant D. 2015. A meta-analysis of nutrient intake, feed efficiency and performance in cattle grazing on tropical grasslands. *Animal*, (9): 973–982.
- Bowman J, Sowell B. 1997. Delivery method and supplement consumption by grazing ruminants: a review. *Journal of Animal Science*, (75): 543–550.
- Brandyberry S, Cochran R, Vanzant E, Del Curto T, Corah L. 1991. Influence of supplementation method on forage use and grazing behaviour by beef cattle grazing bluestem range. *Journal of Animal Science*, (69): 4128–4136.
- Bremm C, Laca E, Fonseca L, Mezzalira J, Elejalde D, Gonda H, Carvalho P. 2012. Foraging behaviour of beef heifers and ewes in natural grasslands with distinct proportions of tussocks. *Applied Animal Behaviour Science*, (141): 108–116.
- Brito G, Lagomarsino X, Luzardo S, Montossi F, La Manna A. 2014. Suplementación infrecuente sobre campo natural de la recría bovina de sobreaño. En: *Estrategias de intensificación ganadera*. Treynya y Tres: INIA. (Serie de actividades de difusión; 734). 183-197.
- Brito G, Fiol C. 2006. Manejo de la recría vacuna en Areniscas. En: Behmaja M, Pittaluga O. (Eds). *30 Años de investigación en suelos de areniscas*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 159). 121-133.
- Burns J, Lippke H, Fisher D. 1989. The relationships of herbage mass and characteristics to animal responses in grazing experiments. En: *Grazing Research: Design, Methodology and Analysis*. Madison: CCSSA. (Special Publication; 16). 7–19.

- Capper J. 2011. The environmental impact of beef production in the United States: 1977 compared with 2007. *Journal of Animal Science*, (89): 4249–4261.
- Carvalho P, Bremm C, Mezzalira J, Fonseca L, Da Trindade J, Bonnet O, Tischler M, Genro T, Nabinger C, Laca E. 2015. Can animal performance be predicted from short-term grazing processes? *Animal Production Science*, (55):319-327.
- Cazzuli F, Silveira C, Montossi F. 2016. Pastoreo Horario para recría invernal de bovinos en la región de Basalto. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 225). 70 p.
- Chase C, Hibberd C. 1989. Effect of Level and Frequency of Maize Supplementation on the Utilization of Low-quality Grass Hay by Beef Cows. *Animal Feed Science and Technology*, (24): 129-139.
- Chicco C, Shultz T, Rios J, Plasse D, Burguera M. 1971. Self-feeding salt-supplement to grazing steers under tropical conditions. *Journal of Animal Science*, (33): 142–146.
- Clariget J, Montossi F, Ciganda V, La Manna A. 2015. Emisiones de CO<sub>2</sub> en la ganadería del Uruguay: evolución e impacto de estrategias de mitigación. En: *Revista INIA*, (40): 57-60.
- Cooke R, Arthington J, Staples C, Qiu X. 2007. Effects of Supplement Type and Feeding Frequency on Performance and Physiological Responses of Yearling Brahman-Crossbred Steers. *Professional Animal Scientist*, (23): 476–481.
- Cooke R, Arthington J, Araujo D, Lamb G, Ealy A. 2008. Effects of supplementation frequency on performance, reproductive, and metabolic responses of Brahman-crossbred females. *Journal of Animal Science*, (86): 2296–2309.

- Curtis K, Holst P, Murray P. 1994. Measuring Supplement Intake in the Field Using Ytterbium as a Marker. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, (34): 339–343.
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organizations). 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. CSIRO publishing. 270 p.
- Da Trindade J, Neves F, Pinto C, Bremm C, Mezzalira J, Nadin L, Genro T, Gonda H, Carvalho P. 2016. Daily Forage Intake by Cattle on Natural Grassland: Response to Forage Allowance and Sward Structure. *Rangeland Ecology and Management*, (69): 59–67.
- Da Trindade J, Pinto C, Neves F, Mezzalira J, Bremm C, Genro T, Tischler M, Nabinger C, Gonda H, Paulo C, Carvalho, P. 2012. Forage Allowance as a Target of Grazing Management: Implications on Grazing Time and Forage Searching. *Rangeland Ecology and Management*, (65): 382–393.
- Del Curto T, Hess B, Huston J, Olson K. 2000. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the Western United States. *Journal of Animal Science*, (77): 1–16.
- Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, Gonzalez L, Tablada M, Robledo C. 2008. InfoStat, versión 2008. Universidad Nacional de Córdoba: Grupo InfoStat FCA.
- Dixon R, Anderson A, Petherick J. 2017. Inclusion of cottonseed meal into loose mineral mix supplements increases the voluntary intake of the supplement by grazing heifers. *Animal Production Science*, (57): 315–319.
- Domínguez P. 2008. Población y empleo rural agropecuario 2006. [En línea], 2 de mayo de 2017. Disponible en: [https://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/poblacion\\_y\\_empleo\\_rural\\_y\\_agropecuario\\_2006\\_dominguez.pdf](https://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/poblacion_y_empleo_rural_y_agropecuario_2006_dominguez.pdf)

- Drewnoski M, Poore M, Benson G. 2011. Effect of frequency of supplementation of a soyhulls and corn gluten feed blend on hay intake and performance of growing steers. *Animal Feed Science and Technology*, (164): 38–44.
- Elizalde J. 2013. Autoconsumo de alimentos voluminosos: ¿es viable? En: 15° Jornada Anual UPIC. Simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. Facultad de Agronomía, Paysandú. 76-87.
- Farmer C, Cochran R, Simms D, Klevesahl E, Wickersham T, Johnson D. 2001. The effects of several supplementation frequencies on forage use and the performance of beef cattle consuming dormant tallgrass prairie forage. *Journal of Animal Science*, (79): 2276–2285.
- Gadberry M, Beck P, Morgan M, Hubbell D, Butterbaugh J, Rudolph B. 2009. Effect of Cottonseed Cake Supplementation Rate and Stocking Rate on the Growth Performance of Summer Stockers. *Professional Animal Scientist*, (25): 124–131.
- Gary L, Sherrit G, Hale E. 1970. Behavior of Charolais cattle on pasture. *Journal of Animal Science*, (30): 203–206.
- Glienke C, Rocha M, Potter L, Roso D, Montagner D, Oliveira Neto R. 2016. Canopy structure, ingestive behavior and displacement patterns of beef heifers grazing warm-season pasture. *Arquivo Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, (68): 457–465.
- Gómez-Miller R, Ferreira G, Albin A. 2011. Caracterización de los sistemas de producción familiar en el área de alrededores de Tacuarembó. En: Gómez-Miller R, Ferreira G, Albin A. (Eds.). Caracterización de los sistemas de producción familiar en el área de alrededores de Tacuarembó. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 195). 76p.

- Greenquist M, Klopfenstein T, Schacht W, Erickson G, Vander Pol K, Luebbe M, Brink K, Schwarz A, Baleseng L. 2009. Effects of nitrogen fertilization and dried distillers grains supplementation: Forage use and performance of yearling steers. *Journal of Animal Science*, (87): 3639–3646.
- Gutiérrez F, Morixe J. 1995. Efecto de diferentes niveles de suplementación con subproductos agroindustriales en el crecimiento post-destete de terneras cruza cebu-Hereford sobre pasturas de baja calidad en Areniscas de Tacuarembó. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 98 p.
- Hepola H. 2003. Milk feeding systems for dairy calves in groups: Effects on feed intake, growth and health. *Applied Animal Behaviour Science*, (80): 233–243.
- Hersom M, Horn G, Krehbiel C, Phillips W. 2004. Effect of live weight gain of steers during winter grazing : I. Feedlot performance , carcass characteristics and body composition of beef steers. *Journal of Agricultural Science*, (82): 262–272.
- Hodgson J, Brookes, I. 1999. Nutrition of grazing animals. En: White J, Hodgson J. (Eds.). *New Zealand pasture and crop science*. Oxford University Press. 117-132.
- Holmes C. 1987. Pastures for dairy cows. En: *Livestock feeding on pasture*. New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication No. 10. 113-145.
- Huston J, Lippket H, Forbes T, Holloway J, Machen R. 1999. Effects of supplemental feeding interval on adult cows in Western Texas. *Journal of Animal Science*, (77): 3057–3067.
- Jamieson W, Hodgson J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass Forage Science*, (34): 261–271.

- Knapp C, Fernandez-Gimenez M. 2009. Knowledge in Practice: Documenting Rancher Local Knowledge in Northwest Colorado. *Rangeland Ecology and Management*, (62): 500–509.
- Krysl L, Hess B. 1993. Influence of Supplementation on Behaviour of Grazing Cattle. *Journal of Animal Science*, (71): 2546–2555.
- La Manna A, Purvis H, Bodine T, Horn G, Owens F. 2001. Effect of the frequency of cracked corn supplementation on alfalfa hay utilization by growing cattle. *Journal of Animal Science*, (80): 96.
- Lagomarsino X, Brito G. 2014. Efecto de la suplementación con subproductos industriales sobre campo natural de Basalto en la recría de novillos de sobreaño y su posterior terminación. En: Berretta E, Montossi F, Brito G. (Eds). *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos de basalto*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 217). 169-182.
- Lagomarsino X, Luzardo S, Montossi F. 2014. ¿Cómo producir terneros con más de 300 kg con edades menores a los 15 meses en sistemas ganaderos de Basalto? En: *Estrategias de intensificación ganadera*. Treinta y Tres: INIA. (Serie de Actividades de Difusión; 734). 33-38.
- Lima C, Sollenberger L, Kunkle W, Moore J, Hammond A. 1999. Crop quality and utilization: Nitrogen fertilization and supplementation effects on performance of beef Heifers grazing limpograss. *Crop Science*, (39): 1853–1858.
- Luzardo S, Cuadro R, Lagomarsino X, Montossi F, Brito G, La Manna A. 2014a. Tecnologías para la intensificación de la recría bovina en el Basalto - uso estratégico de suplementación sobre campo natural y pasturas mejoradas. En: Berretta E, Montossi F, Brito G. (Eds). *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 217). 71-91.

- Luzardo S, Cuadro R, Lagomarsino X, Montossi F, Brito G, La Manna A. 2014b. Tecnologías para la intensificación de la recría bovina en el Basalto - suplementación infrecuente sobre campo natural y pasturas mejoradas en Basalto. En: Berretta E, Montossi F, Brito G. (Eds). Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Montevideo: INIA (Serie Técnica; 217). 93-125.
- Luzardo S, Cuadro R, Montossi F, Brito G. 2014c. Intensificación de los sistemas de engorde bovino en la región basáltica. En: Berretta E, Montossi F, Brito G. (Eds). Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 217). 127-154.
- Malaquin I. 2009. Transformações na pecuária mista na região de Basalto do Uruguai: uma análise comparativa entre 1994 e 2008. Tesis MSc, Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Ciências Econômicas. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural. 124 p.
- Malaquín I, Waquil P, Morales H. 2012. Sustentabilidad social de explotaciones ganaderas: el caso de la región de Basalto, Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 16 (1): 198-202.
- McCartor M, Rouquette F. 1977. Grazing Pressures and Animal Performance from Pearl Millet. *Agronomy Journal*, 69 (6): 983-987.
- Melton A, Riggs J. 1964. Frequency of feeding protein supplement to range cattle. Bulletin B 1025. Texas A&M University.
- Mezzalira J, Carvalho P, Da Trindade J, Bremm C, Fonseca L, do Amaral M, Reffatti M. 2012. Produção animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. *Ciência Rural*, (42): 1264–1270.

- Montossi F, Cazzuli F. 2015. Avances en la construcción de un modelo de intensificación sostenible de la ganadería del Uruguay. En: La ganadería en América Latina y el Caribe: alternativas para la producción competitiva, sustentable e incluyente de alimentos de origen animal. 1era edición, 2015. Biblioteca básica de agricultura: fundación colegio de posgraduados en Ciencias Agrícolas. Guadalajara, México.
- Montossi F, Soares de Lima J, Brito G, Berretta E. 2014. Impacto en lo productivo y económico de las diferentes orientaciones productivas y tecnologías propuestas para la región de Basalto. En: Estrategias de intensificación ganadera. Treinta y Tres: INIA. (Serie de Actividades de Difusión; 734). 557-568.
- Montossi F. 2013. Introducción: Innovación e invernada de precisión para el Uruguay. En: Montossi, F. (Ed). Invernada de precisión: pasturas, calidad de carne, genética, gestión empresarial e impacto ambiental (GIPROCAR II). Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 211). INIA. 1-6.
- Montossi F, Pigurina G, Santamarina I, Berretta E. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 113). 84p.
- Montossi F, Berretta E, Pigurina G, Santamarina I, Bemhaja M, San Julián R, Risso D, Mieres J. 1998. Estudios de selectividad de ovinos y vacunos en diferentes comunidades vegetales de la región de Basalto. En: Berretta E, Montossi F, Brito G. (Eds). Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos de basalto. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 217). 257-285.
- Moore J, Brant M, Kunkle W, Hopkins D. 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility and animal performance. *Journal of Animal Science*, (77): 122–135.

- Moore J, Kunkle W, Brown W. 1991. Forage Quality and the Need for Protein and Energy Supplements. En: Florida Beef Cattle Short Course. 196p.
- Moriel P, Cooke R, Bohnert D, Vendramini J, Arthington J. 2012. Effects of energy supplementation frequency and forage quality on performance, reproductive, and physiological responses of replacement beef heifers. *Journal of Animal Science*, (90): 2371–2380.
- NRC (National Research Council). 2016. Original Beef Cattle Nutrient Requirements Model 2016 Version 1.0.37.7.
- NRC (National Research Council). 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle, Nutrient Requirements of Beef Cattle.
- Neel J, Fontenot J, Clapham W, Duckett S, Felton E, Scaglia G, Bryan W. 2007. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: I. Animal performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, (85): 2012–2018.
- Oltjen J, Gunter S. 2015. Managing the herbage utilisation and intake by cattle grazing rangelands. *Animal Production Science*, (55): 397–410.
- Osītis U, Strikauska S, Grundmane A. 2003. Lopbarības Analīžu Rezultātu Apkopojums. LLU, SIA Jelgavas tipogrāfija, (62): 1.
- Pigurina G. 1994. Uso del pastoreo de avena por horas como suplemento invernal de terneras de destete. En: *Bovinos para carne: Avena en suplementación para cría e invernada intensiva*. Tacuarembó: INIA. (Serie de Actividades de Difusión; 34). 22–31.
- Poppi D, McLennan S. 1995. Protein and Energy Utilization by Ruminants at pasture. *Journal of Animal Science*, (73): 278–290.

- Quintans G. 2014. La suplementación como herramienta nutricional en el manejo de un rodeo de cría. En: Estrategias intensificación ganadera. Treinta y Tres: INIA. (Serie de Actividades de Difusión; 734). 1–5.
- Quintans G, Echeverría J, Scarsi A, Rovira P. 2013. Efecto del suministro de ración en comederos de autoconsumo en terneros destetados precozmente. En: Seminario de actualización técnica en cría vacuna. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 208). 207–218.
- Quintans G. 1994. Suplementación de terneras y vaquillonas con afrechillo de arroz desgrasado. En: Jornada anual de la Unidad Experimental Palo a Pique. Treinta y Tres: INIA. (Serie de Actividades de Difusión; 34). 13–21.
- Quintans G, Vaz Martins D. 1994. Efecto de diferentes fuentes de suplemento sobre el comportamiento de terneras. En: Jornada anual de la Unidad Experimental Palo a Pique. Treinta y Tres: INIA. (Serie de Actividades de Difusión). 2–12.
- Quintans G, Vaz Martins D, Carriquiry E. 1993. Efecto de la suplementación invernal sobre el comportamiento de terneras. En: Jornada anual de la unidad experimental Palo a Pique de INIA. Treinta y tres: INIA. 35–53.
- Reeves M, Fulkerson W, Kellaway R, Dove H. 1996 A comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture, (36): 23-30.
- Rich T, Armbruster S, Gill D. 1976. Limiting feed intake with salt. OSU Extension Facts. Science Serving Agriculture-Oklahoma State University (USA). No. 3008. 274.
- Rivera J, Gipson M, Gipson R, Lemus R. 2017. Effects of supplement or fertiliser on forage quality, and performance of stocker cattle grazing warm-season pastures. Animal Production Science, (57): 116–121.

- Rovira P. 2014. Suplementación de terneros en autoconsumo con raciones con fibra (sin limitador de consumo). En: Estrategias de intensificación ganadera. Treinta y Tres: INIA. (Serie de Actividades de Difusión; 734). 6-15.
- Rovira P, Echeverría J. 2014a. Efecto del tipo de ración en el consumo, desempeño productivo y conducta de terneros suplementados en autoconsumo. En: Estrategias de intensificación ganadera. Treinta y Tres: INIA. (Serie de Actividades de Difusión; 734). 16–22.
- Rovira P, Echeverría J. 2014b. Efecto del nivel de suplementación de una mezcla de grano húmedo de sorgo y núcelo proteico en el desempeño productivo de terneros sobre campo natural. En: Estrategias de intensificación ganadera. Treinta y Tres: INIA. (Serie de Actividades de Difusión; 734). 23–30.
- Rovira P, Velazco J. 2012. Efecto del agregado de fuentes proteicas al grano húmedo de sorgo en el crecimiento de terneros suplementados sobre campo natural. En: Rovira P. (Ed). Suplementación de bovinos con grano húmedo de sorgo y fuentes proteicas sobre campo natural. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 212).17–27.
- Rovira P, Velazco J, Montossi F. 2012. Desempeño productivo de terneros sobre campo natural suplementados con grano húmedo de sorgo y distintos niveles de nitrógeno de liberación lenta (rumenfeed). En: Rovira P. (Ed). Suplementación de bovinos con grano húmedo de sorgo y fuentes proteicas sobre campo natural. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 212). 47–58.
- Ruggia A, Clara P, Del Pino L, Ciappesoni G. 2014. Efecto de la suplementación infrecuente en terneros Holando pastoreando avena. En: V Congreso de la Asociación Uruguaya de Producción Animal (AUPA). Montevideo, Uruguay. 0–1.

- Saldanha S. 2005. Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de Basalto y suelos arenosos de cretácico. En: Gómez-Miller, R. Albicette, M. Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 151). 75–84.
- Simeone A. 2013. Prefacio: simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. En: 15° Jornada Anual UPIC. Simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 1-2.
- Simeone A, Beretta V, Blasina M, Piñeyrúa A, Renau M. 2013a. Uso del autoconsumo en programas de suplementación invernal para terneros pastoreando campo natural. En: 15° Jornada Anual UPIC. Simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 18–24.
- Simeone A, Beretta V, Caorsi C, Manasliski E, Rodríguez F. 2013b. Uso del autoconsumo en la alimentación a corral de terneros de destete precoz con raciones sin fibra larga. En: 15° Jornada Anual UPIC. Simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 68–73.
- Simeone A, Beretta V, Elizalde J, Caorsi J, Viera G. 2013c. Raciones totalmente mezcladas suministradas a terneros en comederos de autoconsumo. En: 15° Jornada Anual UPIC. Simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 62–67.
- Simeone A, Beretta V, Esteves M, Laxalde S, Nario Bejérez A. 2013d. Uso del autoconsumo en programas de suplementación con nitrógeno no proteico de lenta liberación para terneros pastoreando campo natural. En: 15° Jornada Anual UPIC. Simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 25–32.

- Simeone A, Beretta V, Lagreca M, Rattin A, Mederos P. 2013e. Uso del autoconsumo para el suministro del concentrado y oferta de fardo a voluntad en el corral. En: 15° Jornada Anual UPIC. Simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 56–61.
- Simeone A, Beretta V, Blasina M, Piñeirúa A, Renau M. 2010. Winter response of weaned beef calves to self-fed supplementation on native pastures. Proceedings of the Australian Society of Animal Production. 5.
- Simeone A, Beretta V, Cepeda M, Scaiewicz A, Villagran J. 2006. Response to weekly supplementation in winter with whole maize grain in beef calves grazing annual ryegrass pasture. 26<sup>th</sup> Proceedings of the Australian Society of Animal Production. 85.
- Soares de Lima J, Rovira P, Lagomarsino X, Montossi F, Luzardo S. 2014. Evaluación económica de estrategias de suplementación invernal en vacunos. En: Estrategias de intensificación ganadera. Treinta y Tres: INIA. (Serie de Actividades de Difusión; 734). 37–45.
- Sollenberger L, Moore J, Allen V, Pedreira, C. 2005. Reporting forage allowance in grazing experiments. Crop Science, 45 (3), 896–900.
- Thompson K, Poppi D. 1990. Livestock production from pasture. En: Pastures, their ecology and management: Oxford University Press. 263-281. Toombs T, Derner J, Augustine D, Krueger B, Gallagher S. 2010. Managing for Biodiversity and Livestock: a scale-dependent approach for promoting vegetation heterogeneity in western Great Plains grasslands. Rangelands, (32): 10–15.
- Vaage A, McCartney D, McKinnon J, Bergen R. 1998. Effect of prolonged backgrounding on growth performance and carcass composition of crossbred beef steers. Canadian Journal of Animal Science, (78): 359–367.

Van Soest P. 1982. Nutritional Ecology of the ruminant. New York: Cornell University Press.

Whittaker A, Park B, Thane B, Miller R, Savell J. 1992. Principles of ultrasound and measurement of intramuscular fat. *Journal of Animal Science*, (70):942-952.

Yambayamba E, Price M. 1991. Growth performance and carcass composition in beef heifers undergoing catch-up (compensatory) growth. *Canadian Journal of Animal Science*, (71): 1021-1029.

## 7. ANEXOS

## 7.1. ANEXO 1

Datos climáticos previos y durante el período experimental (Exp A)

mes	t max (°C)	t min (°C)	t media (°C)	PP (mm)	V. V. (m/s)	H. met.	H. agromet.
Ene	28,7	15,3	22,0	35,3	2,1	0	0
Feb	28,6	16,5	22,1	199,4	2,0	0	0
Mar	25,8	12,2	18,8	74,0	1,9	0	0
Abr	24,8	10,0	17,1	75,8	1,4	0	0
May	19,2	8,1	13,5	187,4	1,5	1	4
Jun	18,2	5,3	11,5	32,6	1,5	1	4
Jul	17,8	3,6	10,4	52,9	1,8	8	13
Ago	18,1	3,6	10,4	33,4	2,1	5	14
Set	21,9	8,2	14,9	149,3	2,4	1	4
Oct	23,5	9,8	16,6	166,6	2,3	0	0

*T: temperatura promedio; PP: precipitaciones totales; VV: velocidad viento; H: número de heladas; met.: meteorológicas; agromet.: agrometeorológicas.*

## 7.2. ANEXO 2

Datos climáticos previos y durante el período experimental (Exp B)

mes	t max (°C)	t min (°C)	t media (°C)	PP (mm)	V. V. (m/s)	H. met.	H. agromet.
Ene	30,1	16,1	23,2	50,0	2,8	0	0
Feb	29,0	16,7	22,6	125,0	2,8	0	0
Mar	26,1	13,0	19,2	208,0	2,6	0	0
Abr	25,3	11,6	18,3	15,0	2,1	0	0
May	19,3	9,4	14,1	212,0	2,4	0	0
Jun	18,1	6,1	11,8	75,0	2,6	1	2
Jul	20,2	6,3	11,6	46,0	3,1	1	1
Ago	18,1	4,6	11,0	6,0	3,6	5	5
Set	21,9	8,9	15,1	153,0	4,1	1	2
Oct	24,2	10,5	16,9	196,0	3,1	0	0

*T: temperatura promedio; PP: precipitaciones totales; VV: velocidad viento; H: número de heladas; met.: meteorológicas; agromet.: agrometeorológicas.*

### 7.3. ANEXO 3

Estimación del consumo de materia seca de forraje según experimento y tratamiento (CSIRO, 2007)

<b>Exp</b>	<b>T</b>	<b>TLD</b>	<b>ASR</b>	<b>ASA</b>
A	5,0	4,0	4,1	0
B	5,0	4,1	4,8	0

*Consumo expresado en kgMS por animal por día promedio en el período.*

#### 7.4. ANEXO 4

### **Restricted self-feeding improved animal performance of rearing calves grazing on native grasslands during winter in extensive livestock production systems of Uruguay\***

Fiorella Cazzuli <sup>†1</sup>, Ximena Lagomarsino<sup>1</sup>, Ignacio De Barbieri <sup>1</sup>, Ali Saadoun<sup>2</sup>, Fabio Montossi<sup>1</sup>.

*1 INIA, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Ruta 5, km 386, Tacuarembó 45000, Uruguay.*

*2 Fisiología & Nutrición, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Calle Iguá 4225. Montevideo, Uruguay.*

#### **ABSTRACT**

Within a sustainable intensification context of livestock production systems, supplementing calves during their first winter, grazing on deferred natural grasslands is a valid management tool to overcome nutritive deficits which generally occur during this season. However, the demand of both qualification and availability of labour associated to supplementation practices are not always considered by extension services and neither are the need of certain economic and financial resources, thus restraining farmers from adopting these technologies. The objective of this research work was to evaluate animal performance in terms of average daily live

---

\* Artículo a ser enviado a la revista Livestock Science.

<sup>†</sup> Corresponding author. Tel +598 99 687053.

E-mail address: [fcazzuli@tb.inia.org.uy](mailto:fcazzuli@tb.inia.org.uy) (F. Cazzuli)

weight gain (ADG) and supplement use efficiency (SUE) as a response to self-feeding methods using a balanced ration with fibre without consumption limiter. To this end, two experiments (Exp) were carried out: i) Exp A, on sandy soils with Braford calves and, ii) Exp B on basaltic soils with Hereford calves. In each experiment 40 castrated male calves were used during their first winter, grazing deferred natural grasslands and were randomly allotted to one of two replicates of the following four treatments: non-supplemented control (C); everyday supplementation (E); restricted self-feeding supplementation delivered two times a week (RSF); *ad libitum* self-feeding (ASF). Restricted supplementation treatments (E and RSF) used the following supplementation rates: 1.2 %LW (Exp A) and 0.8 %LW (Exp B). Exp A registered lowest ADG for T (0.155 kg/an/day), similar ADG between E and RSF (0.623 kg/an/day on average) and highest for ASF (1.135 kg/an/day) ( $P < 0.05$ ). For Exp B, treatments had a significant effect on ADG, being  $C \leq E \leq RSF < ASF$  (0.158, 0.390, 0.588 and 1.319 kg/an/day, for each treatment, respectively). SUE values (kg supplement/kg LW) were not different ( $P > 0.05$ ) between treatments for Exp A, in spite of the fact that ASF presented a 50% higher SUE (9.4) than RSF (6.2) and E (6.1). SUE values were affected by treatments ( $P < 0.05$ ), being  $ASF (7.7) < E = RSF (3.9 \text{ on average})$ . Considering extensive production systems conditions and within a sustainable intensification context, it is possible to overcome traditional LW losses of beef calves during winter, through the strategic combination of deferred natural grasslands (from autumn to winter) and

restricted self-feeding, without the need of supplementing on a daily basis. Thus, the labour needed to implement this technology decreases and inefficient and more expensive ad libitum schemes can be avoided.

**Key words:** Native grasslands; self-feeding; beef cattle; winter; restricted supplementation.

## INTRODUCTION

Livestock production systems have been undergoing several changes in the last 10 years, forcing farmers to become more efficient in order to keep their business profitable (Montossi et al., 2016a). Within this sustainable intensification context, grass-based livestock production systems can use supplemental feed during periods of plant dormancy (Pordomingo et al., 1991) and low forage growth rates (Montossi et al., 2016b), which happens during winter in Northern Uruguay. According to Montossi et al. (2016b) the rearing phase accelerates with increasing intensification and at the same time, overall farm productivity and profitability dramatically rises. Supplementing calves during winter on natives grasslands is a way to increase animal production (Pordomingo et al., 1991; Bailey et al., 2001). Nonetheless, an everyday frequency basis for supplementation implies higher labour costs (Kunkle et al., 2000) and more complex production system practices. Management procedures which reduce labour requirements are important because of their positive impacts on farm profit (Rich et al., 1976). Infrequent supplementation (Moriel et al., 2012; Bowman & Sowell, 1997) and self-feeding strategies (Muller et al., 1986) are two ways to minimise labour-associated costs. As for infrequent supplementation, Farmer et al. (2001) found that even though forage utilisation improved with an increased frequency of supplementation on dormant tallgrass prairie, the impact on animal performance was not likely to be large unless extreme differences in frequency occur. As for self-feeding, these schemes are

generally carried out using intake limiters, such as salt (Muller et al., 1986; Riggs et al., 1953). Other chemical intake limiters, such as ammonium chloride, ammonium sulphate or calcium hydroxide (Schauer et al., 2004), may be considered in order to allow *ad libitum* feeding strategies. Still, another technology tool to allow *ad libitum* self-fed supplementation may be through the adding of rice industrial by-products, specifically given its fibre concentration.

In spite of the fact that self-fed *ad libitum* schemes in young animals, such as creep feeding of nursing calves, may significantly increase average daily gain (ADG) (Faulkner et al., 1994), it is critical to evaluate the supplemental feed efficiency (SFE) of this practice, so as to keep it profitable (Stricker et al., 1979). Thus, an alternative to self-fed *ad libitum* schemes would be to limit the amount of offered supplement to actually control SFE, while still aiming at moderate ADG.

Therefore, we hypothesised that supplementing beef calves grazing on deferred native grasslands (from autumn to winter) through the use of self-feeding combined with an infrequent supplementation strategies, would result in moderate ADG while achieving efficient SFE ratios, compared with other more intensive or costly options such as daily or even self-feeding *ad libitum* supplementation.

The objective of this study was to compare ADG and SFE between different supplementation strategies to evaluate whether restricted and infrequent

supplementation combined with a self-feeding supplement delivery would increase winter calves' production without increasing SFE.

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Sites and treatments**

Two experiments were carried out during 2014, on two separate experimental sites. The first experiment (Exp A) was carried out at "La Magnolia" Research Station of the National Institute of Agricultural Research (INIA Tacuarembó, Uruguay, S31° W55°) and lasted 97 days from 9<sup>th</sup> July to 14<sup>th</sup> October. The soils of this research station are acidic and sandy with high potential rooting depth. The second experiment (Exp B) was carried out at "Glencoe" Research Station of the National Institute of Agricultural Research (INIA Tacuarembó, Uruguay, S32° W57°) and lasted 120 days from 11<sup>th</sup> June to 9<sup>th</sup> October. The soil of this research station has a basaltic origin, with high clay content and medium-high potential rooting depth.

All procedures in these experiments were carried out according to the rules set by the Uruguayan Honorary Animal Ethics Committee (CHEA). Forty Braford calves ( $179 \pm 28$  kg live weight; LW) for Exp A and forty Hereford calves ( $180 \pm 9$  kg LW) for Exp B were allocated in four experimental groups according to a completely randomised experimental design with two replications, based on their age and LW. In both experiments, the treatments were: 1) "Control" (C; n = 10) in which animals had no access to supplement;

2) "Everyday" (E; n= 10) in which animals were supplemented linearly every day at a 1.2 % LW supplementation rate (Exp A) or 0.8% LW supplementation rate (Exp B); 3) "Restricted self-fed" (RSF; n= 10) in which animals were supplemented at the same daily average rate as E, but distributed two times a week in self-feeders; 4) "*Ad libitum* self-fed" (ASF) in which animals were supplemented *ad libitum* in self-feeders. The animals were 8 months of age and were all castrated, and grazed continuously at a 2.23 calves/ha stocking rate.

Native grasslands (NG) paddocks underwent an intensive grazing session at the end of the summer, so as to start a forage accumulation from autumn to winter, aiming to minimise dead forage content on offer. Animals were kept off NG paddocks to allow forage transfer from autumn to the beginning of the winter, where the trials began.

The supplement used was a completely mixed ration with 9% of rice cull content (fibre) meant to limit animal consumption. Crude protein content (CP) of the supplement was 14.7%, acid detergent fibre (ADF) 11.99%, analytic dry matter (DM) 87.88% and metabolizable energy concentration (ME) was 2.56 Mcal/kg.

The quantity of supplement delivered was adjusted for E and RSF every time animals were weighed, according to the supplementation rate of each experiment. All animals had *ad libitum* access to fresh clean water and minerals on each plot. Calves were drenched to control internal parasites at

the beginning of the trial and three animals chosen at random from each plot were sampled every 28 days for faecal egg count (FEC) (dosing criterion was  $FEC \geq 300$  eggs/gram).

### **Measurements**

At the beginning of the experiments and every 14 days thereafter, herbage mass was measured. These measurements were made by 10 clippings with electric scissors (0.35 m width) of 5 m length x 0.075 width (0.375 m<sup>2</sup>) on representative areas of each plot. Plastic bags containing green forage mass were closed immediately after clipping and were opened individually when they had to be weighed, so as to minimise the possibility of different dehydration grades of each of them in the forage laboratory. Each sample was individually fresh-weighed and then all samples were mixed in one single homogeneous pool per plot. Two subsamples were extracted from this pool, which were then individually fresh-weighed and afterwards dried at 60°C for 48 hours until a constant weight was reached, to estimate the dry matter (DM) content of both subsamples. Then, using the fresh weights of each sample and the estimated DM content of the two subsamples, average herbage mass/ha was estimated for each sample.

Sward height was measured using a common ruler, at the same time and place as forage samples were clipped. Fifteen height measurements were taken on the same forage that was later to be clipped, and an additional thirty measurements were taken on other representative areas of the paddocks.

To determine sward botanical composition, two subsamples of the above mentioned pool were used, which were separated into green and dead material. Each fraction was fresh-weighed and then dried at 60° for 48 hours until a constant weight was reached to estimate the dry matter (DM) content of each fraction.

In order to estimate the nutritive value of the sward, similar forage pool subsamples as the above mentioned were generated from each plot. These subsamples were manually ground and then analysed to estimate crude protein (CP), neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF). CP content was estimated according to AOAC (1990) while NDF and ADF were estimated according to the methodology described by Van Soest (1982). Organic dry matter digestibility (OMD) was calculated through the following equation (Osītis et al., 2003):  $OMD = 88.9 - (0.779 \times ADF)$ , while metabolizable energy (ME) was calculated by the following equation (ARC, 1980):  $ME \text{ (Mcal/kg)} = [(4.4 * 0.82 * DMO)/100]$ .

Animals were weighed early in the morning at the beginning of the experiment and every 7 days thereafter to determine LW. Shrunken live weight (SLW) was measured at the beginning and at the end the experimental period (after approximately 16 hour of fasting). Supplemental feed efficiency was calculated as  $SFE = ([\text{supplemented gain} - \text{control gain}]/\text{supplement intake})$ . Twice for each experiment, rib eye area (REA), fat thickness (FT) and P8 fat depth (P8) were recorded, according to the ultrasound methodology described by Whittaker et al. (1992).

Animal behaviour was recorded once for both experiments on RSF supplement delivery days. It was assessed during daylight hours through four observers, who periodically rotated between treatment groups in order to avoid an eventual observer bias. These observers registered every 15 minutes the following animal activities: grazing, rumination, resting, and water or supplement consumption. After that, the total amount of time spent at each activity was estimated, in order to calculate the proportion of time allocated to each activity (Montossi, 1995). Bite rate was also recorded 4 times on those same days, using a 20-bites technique (Jamieson and Hodgson, 1979).

### **Statistical analyses**

Normality of residuals and homogeneity of variances were verified at the beginning of the statistical analysis. In a complete randomised design, with four treatments and two replications per treatment, forage and animal data sets were analysed using mixed models with InfoStat software (Di Rienzo et al., 2008). Time, treatment and their interaction were considered as fixed effects in the model, and plot was fitted as a random effect. Variance analyses were carried out using Tukey tests ( $\alpha=0.05$ ). ADG were calculated through simple linear regression and then variance-analysed using Tukey tests and SFE were compared using ANOVA. Ultrasound measurements were calculated with final SLW as a co-variable. Animal behaviour variables were analysed through ANOVA.

## **RESULTS**

None of the forage related parameters were affected by treatments in both experiments (Table 1). Average forage mass and height was 1745 kg DM/ha and 8.4 cm for Exp A, while these parameters were 2432 kg DM/ha and 9.4 cm for Exp B. Dead forage content was 61.8% for Exp A and 54.8% for Exp B.

**Table 1.** Effect of supplement delivered everyday (E), restricted self feeding delivered twice a week (RSF) and *ad libitum* self feeding (ASF) on beef breed calves grazing native grasslands during winter, on average pasture parameters of Experiments A and B.

Exp	Parameter	C	E	RSF	ASF	P	sem
A	Herbage mass (DM/ha)	1772,3	1462,6	1846,0	1899,4	ns	167,8
	Herbage height (cm)	9,1	7,4	8,4	8,7	ns	0,6
	Dead forage content (%)	62,3	63,3	60,4	61,0	ns	3,2
B	Herbage mass (DM/ha)	2241,1	2367,0	2432,2	2688,5	ns	185,0
	Herbage height (cm)	9,0	9,1	9,0	10,5	ns	0,6
	Dead forage content (%)	48,1	52,5	60,7	57,7	ns	2,8

*ns*, not significant ( $p > 0.05$ ); C, control; DM, dry matter.

A similar situation was observed for average nutritive value of forage (Table 2). For Exp A, average forage nutrient content was 57.5 %, 9.8 %, 40.4 %, 72.6 % and 1.0 Mcal/kg DM for ODM, CP, ADF, NDF and ME, respectively. For Exp B, the average nutrient content was 59.0 %, 7.2 %, 38.5 %, 69.4 % and 1.4 Mcal/kg DM, respectively.

**Table 2.** Effect of supplement delivered everyday (E), restricted self feeding delivered twice a week (RSF) and *ad libitum* self feeding (ASF) on beef breed calves grazing native grasslands during winter, on average forage nutritive value of Experiments A and B.

Exp	Parameter	C	E	RSF	ASF	p	sem
A	OMD (%)	56.8	57.6	58.4	57.0	ns	0.62
	CP (%)	10.0	9.6	10.0	9.5	ns	0.38
	ADF (%)	41.2	40.1	39.2	40.9	ns	0.78
	NDF (%)	74.7	71.9	71.2	72.5	ns	0.78
	ME (Mcal/kgDM)	0.98	0.98	1.00	1.01	ns	0.04
B	OMD (%)	58.8	58.9	58.6	59.5	ns	0.51
	CP (%)	7.4	7.7	6.8	7.0	ns	0.42
	ADF (%)	38.6	38.6	38.9	37.7	ns	0.66
	NDF (%)	69.9	68.8	69.4	69.3	ns	0.63
	ME (Mcal/kgDM)	1.40	1.36	1.35	1.37	ns	0.03

ns, not significant ( $p > 0.05$ ); C, control; OMD, organic matter digestibility; CP, crude protein; ADF, acid detergent fibre; NDF, neutral detergent fibre; ME, metabolizable energy; DM, dry matter.

When analysing animal behaviour, in Exp A all activities were affected by treatments, and some were affected for Exp B (Table 3). In both experiments, grazing activity was higher for C and different from the rest of

the treatments. For Exp A, resting activities were higher for RSF and ASF, while for Exp B this activity was higher only for ASF.

**Table 3.** Effect of supplement delivered everyday (E), restricted self feeding delivered twice a week (RSF) and *ad libitum* self feeding (ASF) on beef breed calves grazing native grasslands during winter, on animal behaviour of Experiments A and B.

Exp	Parameter	C	E	RSF	ASF	p	sem
A	Grazing (%)	60.2 <sup>a</sup>	42.6 <sup>b</sup>	22.3 <sup>c</sup>	30.2 <sup>c</sup>	**	2.87
	Rum. (%)	5.6 <sup>b</sup>	10.5 <sup>a</sup>	12.1 <sup>a</sup>	0.9 <sup>b</sup>	**	1.28
	Rest (%)	22.1 <sup>c</sup>	36.7 <sup>b</sup>	46.7 <sup>a</sup>	46.7 <sup>a</sup>	**	2.22
	Walk (%)	10.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>b</sup>	4.7 <sup>b</sup>	7.9 <sup>ab</sup>	**	1.08
	Suppl. (%)	0.0 <sup>b</sup>	0.9 <sup>b</sup>	9.5 <sup>a</sup>	11.4 <sup>a</sup>	**	1.66
	Water (%)	1.9	4.4	4.7	2.8	*	0.76
B	Grazing (%)	67.7 <sup>a</sup>	52.9 <sup>b</sup>	43.3 <sup>c</sup>	23.8 <sup>d</sup>	**	1.47
	Rum. (%)	8.3	9.8	6.7	8.4	ns	1.00
	Rest (%)	18.9 <sup>d</sup>	26.6 <sup>c</sup>	35.7 <sup>b</sup>	50.2 <sup>a</sup>	**	1.76
	Walk (%)	2.6	3.8	4.1	3.7	ns	0.62
	Suppl. (%)	0.0 <sup>c</sup>	2.8 <sup>c</sup>	6.4 <sup>b</sup>	11.0 <sup>a</sup>	**	0.90
	Water (%)	2.5	4.1	3.8	3.1	ns	0.50

Means within the same row with common letters are not significantly different ( $p > 0,05$ ); ns, not significant ( $p > 0.05$ ); C, control; Rum., rumination; Suppl., supplement consumption; Water, water consumption.

All animal parameters were affected by treatments in both experiments (Table 4). ADG was highest for ASF and lowest for C, and in intermediate position E and RSF, which in turn did not differ between each other, in both experiments. Furthermore, final LW followed the same trend for both experiments, and *in vivo* carcass quality measurements were not affected by treatments in either case.

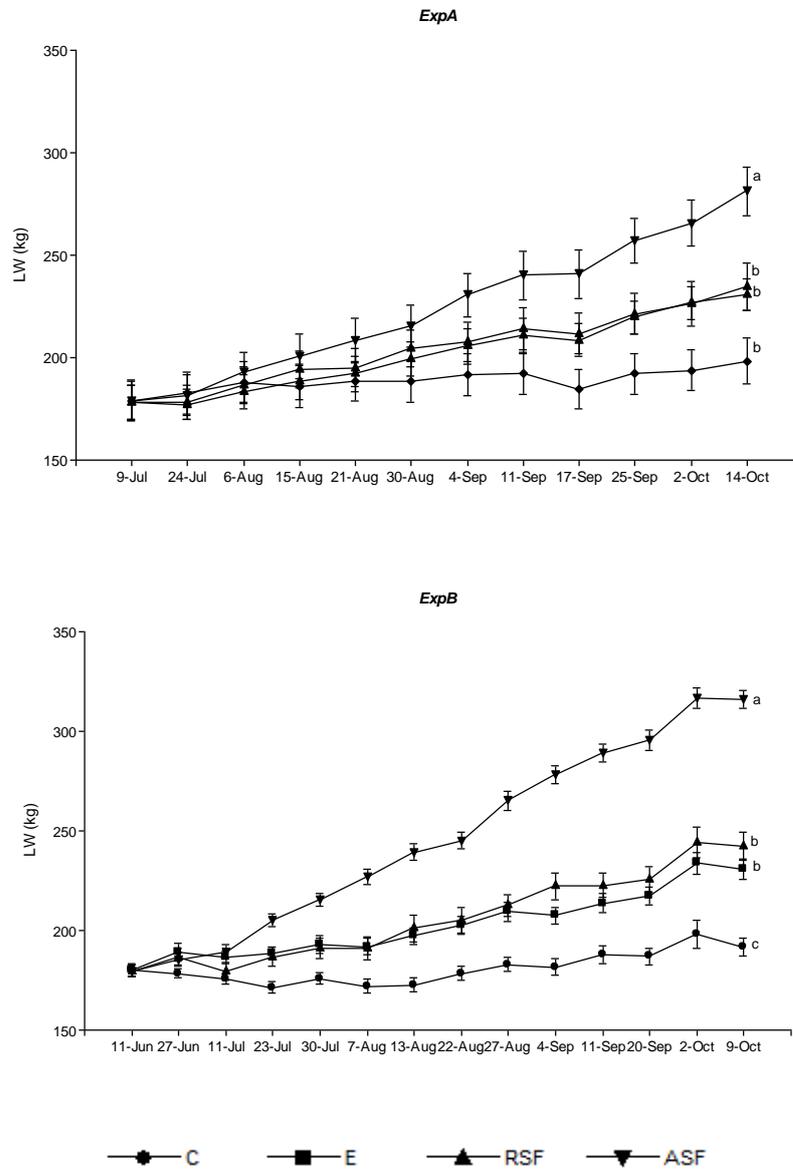
**Table 4.** Effect of supplement delivered everyday (E), restricted self feeding delivered twice a week (RSF) and *ad libitum* self feeding (ASF) on beef breed calves grazing native grasslands during winter, on animal performance parameters of Experiments A and B.

Exp	Parameter	C	E	RSF	ASF	p	sem
A	ADG (kg/an/day)	0.155 <sup>c</sup>	0.625 <sup>b</sup>	0.620 <sup>b</sup>	1.135 <sup>a</sup>	**	0.05
	LW (kg)	198.4 <sup>b</sup>	234.5 <sup>b</sup>	231.0 <sup>b</sup>	281.1 <sup>a</sup>	**	10.7
	REA (cm <sup>2</sup> )	32.2	32.1	34.1	32.8	ns	1.41
	FT (mm)	1.9	2.1	2.1	2.2	ns	0.12
	P8 (mm)	2.3	2.2	2.3	2.7	ns	0.17
B	ADG (kg/an/day)	0.158 <sup>c</sup>	0.390 <sup>bc</sup>	0.588 <sup>b</sup>	1.319 <sup>a</sup>	**	0.05
	LW (kg)	191.0 <sup>c</sup>	230.7 <sup>b</sup>	242.3 <sup>b</sup>	315.9 <sup>a</sup>	**	5.97
	REA (cm <sup>2</sup> )	28.3	28.7	26.7	29.8	ns	0.86
	FT (mm)	1.8	1.8	1.7	2.4	ns	0.65
	P8 (mm)	2.1	1.9	1.8	2.6	ns	0.14

Means within the same row with common letters are not significantly different ( $p > 0,05$ ); ns, not significant ( $p > 0,05$ ); C, control; ADG, average daily gain; an, animal; LW, live weight; REA, rib eye area; FT, fat thickness; P8, fat depth.

Both experiments presented similar LW trends (Figure 1). In the case of Exp A, for ASF, LW value separates from the rest of the treatments on 17<sup>th</sup> September and keeps the statistical differences until the end of the

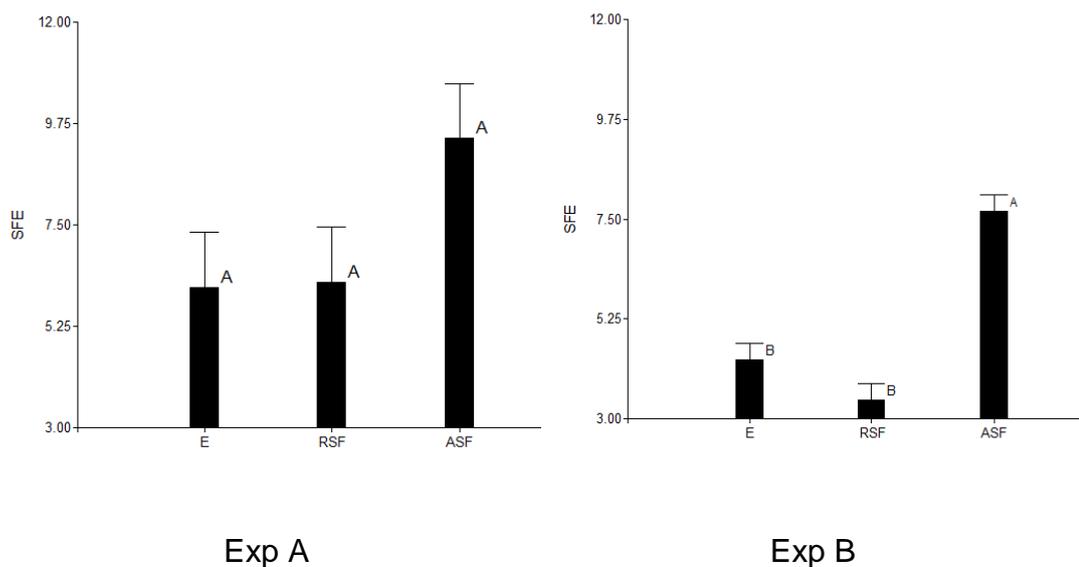
experimental period ( $P < 0.05$ ). On the other hand, E and RSF present similar LW throughout the experiment ( $P > 0.05$ ). As for Exp B, as observed in Exp A, E and RSF never present differences between average live weights throughout the experimental period ( $P > 0.05$ ). In this experiment, ASF begins to be different from C and E/RSF in the fifth measurement, differences that last until the end of the trial ( $P < 0.05$ ).



Final LW means with common letters are not significantly different ( $p > 0,05$ ); C, control.

**Figure 1.** Live weight trend of beef calves grazing native grasslands during winter and being supplemented everyday (E), restricted self feeding delivered twice a week (RSF) or *ad libitum* self feeding (ASF), throughout the experimental periods for Experiments A and B.

Supplemental feed efficiency (SFE) is presented in Figure 2. In the case of Exp A, the high variability observed in supplement consumption did not allow differences to be detected between restricted supplementation treatments (E and RSF) and *ad libitum* supplementation (ASF) ( $P > 0.05$ ), even though ASF (9.4) presented 50% higher SFE than RSF (6.2) and E (6.1). As for Exp B, differences were found between ASF (7.7) and the restricted supplementation treatments (E and RSF) which presented similar SFE between each other, being 3.9 on average.



*SFE Means with a common letter are not significantly different ( $p > 0,05$ ).*

**Figure 2.** Live weight evolution of beef calves grazing native grasslands during winter and being supplemented everyday (E), restricted self feeding delivered twice a week (RSF) or *ad libitum* self feeding (ASF), on supplemental feed efficiency (SFE) for Experiments A and B.

No differences were found between average forage allowances for both experiments (Table 5). For Exp A, average forage allowance (FA) was 3.9 and 1.6 kg DM/kg LW, for total and green (dry matter; DM) FA, respectively. In the case of Exp B, averages were 5.5 and 2.7 kg DM/ kg LW, for total and green DM FA, respectively, and there was no differences between treatments.

**Table 5.** Effects of supplement delivered everyday (E), restricted self feeding delivered twice a week (RSF) and *ad libitum* self feeding (ASF) on beef breed calves grazing native grasslands during winter, on average forage allowance.

Exp	Parameter	C	E	RSF	ASF	p	sem
A	Total DM FA (kg DM/kg LW)	4,2	3,2	4,2	4,0	ns	0,41
	Total GDM FA (kg DM/kg LW)	1,8	1,2	1,8	1,6	ns	0,16
B	Total DM FA (kg DM/kg LW)	5,9	4,9	5,9	5,1	ns	0,32
	Total GDM FA (kg DM/kg LW)	3,2	2,6	2,6	2,3	ns	0,23

*ns*, not significant ( $p > 0.05$ ); C, control; DM, dry matter; GDM, green dry matter; FA, forage allowance; LW, live weight.

## DISCUSSION

The use of a self-feeding strategy combined with a twice a week basis supplement delivery resulted in moderate average daily live weight gain while controlling supplemental feed efficiency. This means that it is

possible to decrease cost and labour intensity use compared with self-feeding *ad libitum* supplementation or every day supplement distribution schemes

Within a certain range, dry matter intake increases when animals are faced with higher sward heights and forage masses (Da Trindade et al., 2016). A sward structure that allows animals to dedicate less time to grazing activities implies a herbage mass of 1400-2000 kg DM/ha and a sward height of 9-13 cm (Da Trindade et al., 2012). In this case, all treatments of both experiments presented an average herbage mass within these ranges. Nonetheless, sward height was below or barely around 9 cm, suggesting that it is possible that animals may have had limited grazing time and thus forage intake in some circumstances along the experiment. When diet quality is low and animals have little opportunity to change it through selectivity, as it may have happened in both experiments since all treatments had similar herbage masses and dead forage content, grazing time should be the main variable explaining variation in ADG (Carvalho et al., 2015). Therefore, non supplemented animals (C) which depended entirely from pasture to increase their LW, experienced forage intake limitations which in turn was reflected in lower ADG.

Grassland plant communities are inherently heterogeneous because of plant species diversity (Toombs et al., 2010), giving animals the chance to exercise selectivity. Diet quality is determinant of energy intake (Carvalho

et al., 2015), so selecting the highest quality diet is of utmost importance to increase animal performance. Furthermore, according to Boval et al. (2015), nutrient input of grasslands is the major determinant of ADG. In both experiments, dead forage content was not affected by treatments, so it can be assumed that all animals had the same opportunity to select green forage (leaves in particular) within each experiment. In addition, the nutritive value of forage was not affected by treatments either, which means that all treatments of each experiment had similar nutritive offer. Based on this, it is assumed that selectivity did not play a predominant role in the explanation of ADG, and therefore animal performance differences were mostly explained by supplementation consumption rather than by differences in quantity and quality of forage, for both experiments.

As discussed before, sward height or herbage mass and its nutritive value might have been limiting for all treatments of both experiments to achieve moderate to high ADG in calves during winter. In order to compensate for reduced intake rates caused by constraints of canopy structure, grazing time allocation may increase as a compensatory behaviour mechanism (Glienke et al., 2016). In both experiments, greatest time allocated to grazing activities was observed for C animals, even though this increased time allocation was not sufficient to compensate for the lack of nutrients that would have allowed them to register similar ADG as the supplemented treatments. When supplementary feeds are eaten by cattle, their forage dry matter consumption is usually reduced, although total dry matter intake

is increased (Holmes, 1987). In these experiments, supplemented animals presented some amount of substitution of forage for concentrate, and thus, the total allocated time to grazing activities was less than that of non supplemented animals.

As Poppi & McLennan (1995) indicated, live weight gain relies mostly on protein and energy supply. For supplemented animals, these nutrients came from both pasture and supplement. Based on nutrient requirements (NRC, 2016), supplemented animals from both experiments presented a positive or nearly positive ME and CP balances, but specifically, ASF animals from both experiments presented the greatest surpluses of these nutrients to achieve LW gains higher than 1 kg/animal/day. This implies that from a nutrition balance point of view, ASF animals were highly inefficient, which was corroborated by differences between SFE of restricted treatments vs. the *ad libitum* treatment in the case of Exp B. Moore et al. (1999) mentioned that the deviations between expected and observed animal performance are usually explained by associative effects of supplement upon voluntary intake and available energy concentration of the total diet. The observed animal performance deviations in the case of ASF treatments from what was expected (NRC, 2016), were therefore probably influenced by these associative effects.

Animal supplementation on native grasslands allows nutrient input to increase, having a positive effect on ADG (Boval et al., 2015). In fact, Beck et al. (2013) carried out a literature review in which low quality forages

were considered, and they concluded that supplementation on warm season forages significantly increased ADG compared to non supplemented schemes. In the current study, both experiments registered a positive and similar effect of supplementation on ADG, when comparing treatments with restricted supplementation rates (E and RSF). Drewnoski et al. (2011) carried out an experiment in which steers were supplemented with an energy-protein concentrate, with their forage basis being medium quality hay. These authors did not find any differences in animal performance between a daily frequency and a two-times a week frequency of supplement allocation. Both, in Exp A and B of our study, similar results were found for E and RFS treatments, given that ADG did not differ between them, suggesting that it is possible to reduce supplement allocation to twice a week and still achieve similar animal performance.

According to Yambayamba and Price (1991), restricting the energy content of the diet prolongs skeletal and muscle growth while delaying fat deposition. In our study neither experiments presented differences between treatments for REA, FT and P8, even though the offered energy of the diet was 3,5 and 2,5 times greater for ASF when compared to C (NRC, 2016). It is possible that the experimental period duration was not long enough for these differences to be significant, at least considering the most contrasting treatments in terms of energy intake (ASA vs C). On the other hand, Vaage et al. (1998) state that an animal's potential for lean tissue growth will influence the energy requirements of the finishing diet,

and Neel et al. (2007) point out the importance of animal performance during the rearing phase on the subsequent *post mortem* production. According to Yambayamba and Price (1991), restricted ADG for up to 4 months can be fully recovered in terms of both live weight and body composition at no extra feed cost, if subsequently offered adequate nutrition. Given that both experiments lasted less than 4 months, it may be expected that subsequent ADG and slaughter weight may have been similar on average between treatments once the animals entered the finishing phase, that is to say, no carry-over effects during the finishing phase were expected after these experiments were over.

As Bowman & Sowell (1997) stated, changes in trough space may affect competitiveness between animals and thus variation in supplementation consumption. For Exp A, the coefficient of variation of final LW was calculated as a mean to estimate variability, being 13, 11, 18 and 18% for C, E, RSF and ASF, respectively. The highest variability registered for animals that were supplemented with a self-feeding strategy may have reflected this high consumption variability on their final LW. This probably prevented differences to be detected between SFE, even though ASF, this coefficient was 50% higher than restricted treatments. On the other hand, according to NRC (2016), animals from Exp A and treatment ASF presented a greater protein surplus than that of energy, suggesting that poor SFE of this treatment was explained mostly by an excessive protein supply rather than that of energy.

Forage consumption is positively associated with forage allowance (Da Trindade et al., 2016). According to these authors and Mezzalana et al. (2012) forage allowances equal or less than 4% would limit forage intake. When forage allowances are low, animals extend the time allocated to grazing activities, as a compensatory mechanism (Oltjen and Gunter, 2015), which in this case took place for C in Exp A. Therefore, we suggest that low forage allowances affected animal behaviour, especially in C and E treatments. In the case of Exp B, although forage allowance was above 4%, all treatments present much lower forage allowances than the 12% necessary to promote a high forage dry matter intake according to Da Trindade et al. (2016). Boval et al. (2015) indicated that native grasslands bear great potential to generate satisfactory ADG, especially associated to high dry matter consumption. Since forage allowance was far from the optimum to achieve the potential animal performance, it is assumed that C animals from Exp B might have had greater animal performance if they had greater FA.

## **CONCLUSIONS**

Under the conditions of these experiments, calves grazing on native grasslands without supplementation, experienced forage intake limitations which in turn was reflected in lower ADG. Nonetheless, the utilisation of deferred native grasslands was enough to overcome the expected LW losses. In order to achieve moderate to high ADG, animal performance

differences were mostly explained by the incorporation of supplementation rather than by differences in pastures. Increased grazing time allocation for non supplemented animals was not sufficient to compensate for the lack of nutrients that would have allowed them to register similar animal performances as the supplemented treatments. This increase of grazing time of non supplemented animals suggest the existence of some degree of substitution of forage for supplement in all supplemented treatments. From a nutrition balance point of view, ASF animals were highly inefficient, and this was corroborated by SFE values. The deviations between observed and expected performance for ASF were influenced by the associative effects of supplement upon voluntary intake and available energy concentration of the total diet. It is possible to reduce supplement allocation, from a daily basis to a twice a week basis, and still register similar animal performance. Event though no differences were found in SFE in Exp A due to LW variability, differences were detected in Exp B, which are mostly explained by protein surplus for animals supplemented ad libitum (ASF). FA was low enough to negatively affect dry matter intake for both experiments, especially for non supplemented animals.

Considering Uruguayan extensive livestock production systems conditions and within a sustainable intensification context, it is possible to improve beef calf winter rearing, through the use of deferred native grasslands and restricted self-feeding, resulting in moderate live weight gains and an efficient use of the supplement.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

These experiments were financially supported by the National Institute of Agricultural Research (INIA Uruguay). The authors would like to thank all field staff who worked on both experimental sites, as well as the thesis committee for all their valuable inputs to this paper. We would also like to acknowledge the inputs made by Zully Ramos and Daniela Correa.

## **REFERENCES**

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. 15th revised edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- ARC (Agricultural Research Council). 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Technical Review by ARC Working Party; CAB, Farnham Royal, UK. 59–64.
- Adams, D.C., 1985. Effect of time of supplementation on performance, forage intake and grazing behavior of yearling beef steers grazing Russian wild ryegrass in the fall. *J. Anim. Sci.* 61, 1037–1042.
- Bailey, D., Welling, G., Miller, E., 2001. Cattle use of foothills rangeland near dehydrated molasses supplement. *J. Range Manag.* 54, 338–347. doi:10.2307/4003101

- Beaty, J.L., Cochran, R.C., Lintzenich, B.A., Vanzant, E.S., Morrill, J.L., Brandt, R.T., Johnson, D.E., 1994. Effect of frequency of supplementation and protein concentration in supplements on performance and digestion characteristics of beef cattle consuming low-quality forages. *J. Anim. Sci.* 72, 2475–2486.
- Beck, P.A., Anders, M., Watkins, B.A., Gunter, S.A., Hubbell, D., Gadberry, M.S., 2013. Improving the production, environmental, and economic efficiency of the stocker cattle industry in the Southeastern United States. *J. Anim. Sci.* 91, 2456–66. doi:10.2527/jas.2012-5873
- Bemhaja, M., 2006. Productividad forrajera de comunidades de campo natural, in: 30 Años de Investigación En Suelos de Areniscas. pp. 33–38. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Benítez, S., Cunha, F., Fernández, G., Velazco, J., Rovira, P., 2012. Efecto de la sustitución de proteína verdadera por nitrógeno no proteico en el desempeño productivo de terneros suplementados con grano húmedo de sorgo sobre campo natural, in: Serie Técnica 212. INIA, Montevideo, pp. 29–46.
- Beretta, V., Simeone, a., Viera, G., 2010. Utilización de avena para pastoreo con terneras Hereford. *Agrociencia* 14, 201.

- Beretta, V., Simeone, A., 2013. Consumo en el autoconsumo. *Simpl. la intensificación Ganad. El Autoconsumo.* 15, 48–51.
- Beretta, V., Simeone, A., Algorta, B., López, I., Iruleguy, G., 2015. Cruzando los puentes verdes en sistemas agrícola-ganaderos: combinando el uso de avena, la recría de terneros y el sistema de autoconsumo, in: *17° Jornada Anual de La Unidad de Producción Intensiva de Carne: Tecnología, Predio Y Resultado Económico En El Negocio Ganadero, Ese Difícil Equilibrio.* pp. 45–53.
- Beretta, V., Simeone, A., Cepeda, M., Scaiewicz, A., Villagrán, J., 2013a. Uso del autoconsumo en la suplementación invernal de terneros con grano entero de maíz sobre raigrás. *Simpl. la intensificación Ganad. El Autoconsumo.* 15, 33–41.
- Beretta, V., Simeone, A., Cortazzo, D., 2013b. Uso de comederos de autoconsumo en la suplementación de terneros de destete precoz en pastoreo. *Simpl. la intensificación Ganad. El Autoconsumo.* 15, 42–47.
- Berretta, E., Bemhaja, M., 1998. Producción estacional de comunidades naturales sobre suelos de basalto de la unidad Queguay Chico, in: *Seminario de Actualización En Tecnologías Para Basalto.* pp. 11–20. doi:10.1017/CBO9781107415324.004

Berretta, J.; Risso, D.; Montossi, F.; Pigurina, G., 2000. Campos in Uruguay, in: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Nabinger, C.; Carvalho, F. (Ed.), CAB International 2000. Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. pp. 377–394.

Bodine, T.N., Purvis, H.T., 2003. Effects of supplemental energy and / or degradable intake protein on performance , grazing behavior , intake , digestibility , and fecal and blood indices by beef steers grazed on dormant native tallgrass prairie The online version of this article , along. *J. Anim. Sci.* 81, 304–317.

Boval, M., Edouard, N., Sauvant, D., 2015. A meta-analysis of nutrient intake, feed efficiency and performance in cattle grazing on tropical grasslands. *Animal* 9, 973–982. doi:10.1017/S1751731114003279

Bowman, J., Sowell, B., 1997. Delivery method and supplement consumption by grazing ruminants: a review. *Journal Anim. Sci.* 75, 543–550. doi:10.1542/pir.31-10-438

Bowman, J.G., Sowell, B., 1997. Delivery method and supplement consumption by grazing ruminants: a review. *J. Anim. Sci.* 75, 543–550. doi:10.1542/pir.31-10-438

- Brandyberry, S., Cochran, R., Vanzant, E., DelCurto, T., Corah, L., 1991. Influence of supplementation method on forage use and grazing behaviour by beef cattle grazing bluestem range. *J. Anim. Sci.* 69, 4128–4136.
- Brito, G., Fiol, C., 2006. Manejo de la recría vacuna en areniscas. 30 años Investig. en suelos Areniscas (Serie Técnica; 159) 159, 121–133. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Burns, J., Lippke, H., Fisher, D., 1989. The Relationships of Herbage Mass and Characteristics to Animal Responses in Grazing Experiments, in: *Grazing Research: Design, Methodology and Analysis*. CSSA Special Publication N° 16, Madison, pp. 7–19.
- Capper, J.L., 2011. The environmental impact of beef production in the United States: 1977 compared with 2007. *J. Anim. Sci.* 89, 4249–4261. doi:10.2527/jas.2010-3784
- Carvalho, P.C.F., Bremm, C., Mezzalira, J.C., Fonseca, L., Da Trindade, J.K., Bonnet, O.J.F., Tischler, M., Genro, T.C.M., Nabinger, C., Laca, E.A., 2015. Can animal performance be predicted from short-term grazing processes? *Anim. Prod. Sci.* 55, 319–327. doi:10.1071/AN14546

- Cazzuli, F., Silveira, C., Montossi, F., 2016. Pastoreo horario para recría invernol de bovinos en la región de basalto. Serie Técnica 225.
- Chase, C.C., Hibberd, C. a, 1989. Effect of Level and Frequency of Maize Supplementation on the Utilization of Low-quality Grass Hay by Beef Cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 24, 129–139.
- Chicco, C., Shultz, T., Rios, J., Plasse, D., Burguera, M., 1971. Self-feeding salt-supplement to grazing steers under tropical conditions. *J Anim Sci* 33, 142–146.
- Cooke, R.F., Arthington, J.D., Araujo, D.B., Lamb, G.C., Ealy, a D., 2008. Effects of supplementation frequency on performance, reproductive, and metabolic responses of Brahman-crossbred females. *J. Anim. Sci.* 86, 2296–309. doi:10.2527/jas.2008-0978
- Cooke, R.F., Arthington, J.D., Staples, C.R., Qiu, X., 2007. Effects of Supplement Type and Feeding Frequency on Performance and Physiological Responses of Yearling Brahman-Crossbred Steers. *Prof. Anim. Sci.* 23, 476–481.
- Da Trindade, J., Neves, F.P., Pinto, C.E., Bremm, C., Mezzalira, J.C., Nadin, L.B., Genro, T.C.M., Gonda, H.L., Carvalho, P.C.F., 2016. Daily Forage Intake by Cattle on Natural Grassland: Response to Forage Allowance and Sward Structure. *Rangel. Ecol. Manag.* 69, 59–67. doi:10.1016/j.rama.2015.10.002

- Da Trindade, J., Pinto, C., Neves, F., Mezzalira, J., Bremm, C., Genro, T., Tischler, M., Nabinger, C., Gonda, H., Paulo, C., Carvalho, P., 2012. Forage Allowance as a Target of Grazing Management: Implications on Grazing Time and Forage Searching. *Rangel. Ecol. Manag.* 65, 382–393.
- DelCurto, T., Hess, B.W., Huston, J.E., Olson, K.C., 2000. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the Western United States. *Journal Anim. Sci.* 77, 1–16.
- Dixon, R.M., Anderson, A., Petherick, J.C., 2017. Inclusion of cottonseed meal into loose mineral mix supplements increases the voluntary intake of the supplement by grazing heifers. *Anim. Prod. Sci.* 57, 315–319.
- Domínguez, P., 2008. Población y empleo rural agropecuario 2006. Montevideo, Uruguay.
- Drewnoski, M.E., Poore, M.H., Benson, G.A., 2011. Effect of frequency of supplementation of a soyhulls and corn gluten feed blend on hay intake and performance of growing steers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 164, 38–44. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.11.022

- Elizalde, J., 2013. Autoconsumo de alimentos voluminosos: ¿es viable? *Simpl. la intensificación Ganad. El Autoconsumo.* 15, 76–87.
- Farmer, C.G., Cochran, R.C., Simms, D.D., Klevesahl, E. a, Wickersham, T. a, Johnson, D.E., 2001. The effects of several supplementation frequencies on forage use and the performance of beef cattle consuming dormant tallgrass prairie forage. *J. Anim. Sci.* 79, 2276–2285.
- Faulkner, D.B., Hummel, D.F., Buskirk, D.D., Berger, L.L., Parrett, D.F., Cmarik, G.F., 1994. Performance and nutrient metabolism by nursing calves supplemented with limited or unlimited corn or soyhulls. *J. Anim. Sci.* 72, 470–477.
- Gadberry, M.S., Beck, P.A., Morgan, M., Hubbell, D., Butterbaugh, J., Rudolph, B., 2009. Effect of Cottonseed Cake Supplementation Rate and Stocking Rate on the Growth Performance of Summer Stockers. *Prof. Anim. Sci.* 25, 124–131. doi:10.15232/S1080-7446(15)30701-4
- Gary, L.A., Sherritt, G.W., Hale, E.B., 1970. Behavior of Charolais cattle on pasture. *J. Anim. Sci.* 30, 203–206.

Glienke, C., Rocha, M., Potter, L., Roso, D., Montagner, D., Oliveira Neto, R., 2016. Canopy structure, ingestive behavior and displacement patterns of beef heifers grazing warm-season pasture. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 68, 457–465. doi:10.1017/CBO9781107415324.004

Gómez-Miller, R., Ferreira, G., Albin, A., 2011. Caracterización de los sistemas de producción familiar en el área de alrededores de Tacuarembó, in: Gómez-Miller, R., Ferreira, G., Albin, A. (Eds.), *Caracterización de Los Sistemas de Producción Familiar En El área de Alrededores de Tacuarembó. Serie Técnica 195. INIA. Serie Técnica N° 195.*, Tacuarembó, p. 76.

Greenquist, M.A., Klopfenstein, T.J., Schacht, W.H., Erickson, G.E., Vander Pol, K.J., Luebbe, M.K., Brink, K.R., Schwarz, A.K., Baleseng, L.B., 2009. Effects of nitrogen fertilization and dried distillers grains supplementation: Forage use and performance of yearling steers. *J. Anim. Sci.* 87, 3639–3646. doi:10.2527/jas.2009-1795

Hepola, H., 2003. Milk feeding systems for dairy calves in groups: Effects on feed intake, growth and health. *Appl. Anim. Behav. Sci* 80, 233–243.

- Hersom, M.J., Horn, G.W., Krehbiel, C.R., Phillips, W.A., 2004. Effect of live weight gain of steers during winter grazing: I . Feedlot performance , carcass characteristics , and body composition of beef steers. *J. Agric. Sci.* 82, 262–272.
- Huston, J.E., Lippket, H., Forbes, T.D.A., Holloway, J.W., Machen, R. V., 1999. Effects of supplemental feeding interval on adult cows in Western Texas. *J. Anim. Sci.* 77, 3057–3067.
- Jamieson, W., Hodgson, J., 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass Forage Sci.* 34, 261–271. doi:10.1111/j.1365-2494.1979.tb01478.x
- Knapp, C.N., Fernandez-Gimenez, M.E., 2009. Knowledge in Practice: Documenting Rancher Local Knowledge in Northwest Colorado. *Rangel. Ecol. Manag.* 62, 500–509. doi:10.2111/08-175.1
- Kunkle, W.E., Johns, J.T., Poore, M.H., Herd, D.B., 2000. Designing supplementation programs for beef cattle fed forage-based diets. *J. Anim. Sci.* 77, 1–11.
- La Manna, A.; Purvis, H.; Bodine, T.; Horn, G.; Owens, F., 2001. Effect of the frequency of cracked corn supplementation on alfalfa hay utilization by growing cattle, in: *Midwest Animal Science Meetings*. p. 65.

Lagomarsino, X., Luzardo, S., Montossi, F., 2014. ¿Cómo producir terneros con más de 300 kg con edades menores a los 15 meses en sistemas ganaderos de basalto? Estrategias intensificación Ganad. 734, 31–36.

Luzardo, S., Cuadro, R., Lagomarsino, X., Montossi, F., Brito, G., La Manna, A., 2014. Tecnologías para la intensificación de la recría en el basalto - uso estratégico de suplementación sobre campo natural y pasturas mejoradas, in: Alternativas Tecnológicas Para Los Sistemas Ganaderos de Basalto (ST 217). pp. 71–91.

Malaquin, I., 2009. TRANSFORMAÇÕES NA PECUÁRIA MISTA NA REGIÃO DE BASALTO DO URUGUAI: uma análise comparativa entre 1994 e 2008. UFRGS.

Malaquín, I., Waquil, P., Morales, H., 2012. Sustentabilidad social de explotaciones ganaderas . El caso de la región del basalto – Uruguay. Agrociencia Uruguay 16, 198–202.

McCartor, M.M., Rouquette, F.M., 1977. Grazing Pressures and Animal Performance from Pearl Millet. Agron. J. 69, 983–987. doi:10.2134/agronj1977.00021962006900060020x

Melton, A., Riggs, J., 1964. Frequency of feeding protein supplement to range cattle, Texas A&M University.

Mezzalira, J.C., Carvalho, P.C. de F., Da Trindade, J., Bremm, C., Fonseca, L., Amaral, M.F. do, Reffatti, M.V., 2012. Produção animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. *Ciência Rural* 42, 1264–1270. doi:10.1590/S0103-84782012005000039

Montossi, F., Berretta, E., Pigurina, G., Santamarina, I., Bemhaja, M., San Julián, R., Risso, D., Mieres, J., 1998. Estudios de selectividad de ovinos y vacunos en diferentes comunidades vegetales de la región de basalto, in: Seminario de Actualización En Tecnologías Para Basalto. Serie Técnica. pp. 257–285. doi:10.1017/CBO9781107415324.004

Montossi, F., Soares de Lima, J.M., Brito, G., Cazzuli, F., Beretta, E., 2016a. Productivity and economic impact of the different technological strategies designed for extensive livestock production of the Basaltic Region of Uruguay: cow-calf subsystem, in: Steps to Sustainable Livestock Conference. p. 94.

Montossi, F., Soares de Lima, J.M., Brito, G., Cazzuli, F., Berretta, E., 2016b. Productivity impact of the different technological strategies designed for livestock production in the Basaltic Region of Uruguay: rearing and fattening sub systems, in: Steps to Sustainable Livestock Conference. p. 95.

- Moore, J.E., Brant, M.H., Kunkle, W.E., Hopkins, D.I., 1999a. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *J. Anim. Sci.* 77 Suppl 2, 122–135.
- Moore, J.E., Brant, M.H., Kunkle, W.E., Hopkins, D.I., 1999b. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *J. Anim. Sci.* 77 Suppl 2, 122–135.
- Moore, J.E., Kunkle, W.E., Brown, W.F., 1991. Forage Quality and the Need for Protein and Energy Supplements, in: *FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE*, 196. p. 196.
- Moriel, P., Cooke, R.F., Bohnert, D.W., Vendramini, J.M.B., Arthington, J.D., 2012. Effects of energy supplementation frequency and forage quality on performance, reproductive, and physiological responses of replacement beef heifers. *J. Anim. Sci.* 90, 2371–2380. doi:10.2527/jas.2011-4958
- Muller, R.D., Potter, E.L., Wray, M.I., Richardson, L.F., Grueter, H.P., 1986. Administration of monensin in self-fed (salt limiting) dry supplements or on an alternate-day feeding schedule. *J. Anim. Sci.* 62, 593–600.

Neel, J.P.S., Fontenot, J.P., Clapham, W.M., Duckett, S.K., Felton, E.E.D., Scaglia, G., Bryan, W.B., 2007. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: I. Animal performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 85, 2012–2018. doi:10.2527/jas.2006-735

NRC, 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle, Nutrient Requirements of Beef Cattle. doi:10.17226/9791

Oltjen, J.W., Gunter, S.A., 2015. Managing the herbage utilisation and intake by cattle grazing rangelands. *Anim. Prod. Sci.* 55, 397–410. doi:10.1071/AN14602

Pigurina, G., 1994. Uso del pastoreo de avena por horas como suplemento invernal de terneras de destete. *Bov. para carne Av. en Supl. la recría e invernada intensiva. Ser. Act. Difusión* 34, 22–31.

Poppi, D., McLennan, S., 1995. Protein and Energy Utilization by Ruminants at. *J. Anim. Sci.* 73, 278–290.

Pordomingo, A. J., Wallace, J. D., Freeman, A. S., Gaylean, M.L., 1991. Supplemental corn grain for steers grazing native rangeland during summer. *J. Anim. Sci.* 69, 1678–1687.

- Quintans, G., 2014. La suplementación como herramienta nutricional en el manejo de un rodeo de cría. Estrategias intensificación Ganad. 734, 1–5.
- Quintans, G., 1994. Suplementación de terneras y vaquillonas con afrechillo de arroz desgrasado. SAD Jorn. Anu. Unidad Exp. Palo a Pique 34, 13–21. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Quintans, G., Echeverría, J., Scarsi, A., Rovira, P., 2013. EFECTO DEL SUMINISTRO DE RACIÓN EN COMEDEROS DE AUTOCONSUMO EN TERNEROS DESTETADOS PRECOZMENTE, in: Serie Técnica 208: Seminario de Actualización Técnica En Cría Vacuna. pp. 207–218. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Quintans, G., Vaz Martins, D., 1994. Efecto de diferentes fuentes de suplemento sobre el comportamiento de terneras. Bov. para carne Av. en Supl. la recría e internada intensiva 34, 2–12. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Quintans, G., Vaz martins, D., Carriquiry, E., 1993. Efecto de la suplementación invernal sobre el comportamiento de terneras. Campo Nat. Estrateg. invernal, manejo y Supl. 35–53.
- Rich, T.D., Armbruster, S., Gill, D., 1976. Limiting Feed Intake With Salt. Hist. Mater. from Univerisity Nebraska-Lincoln. 274.

- Riggs, J., Colby, R., Sells, L., 1953. The effect of self-feeding salt-cottonseed meal mixtures to beef cows. *J. Anim. Sci.* 12, 379–393.
- Rovira, P., 2014. Suplementación de terneros en autoconsumo con raciones con fibra (sin limitador de consumo). *Estrategias intensificación Ganad.* 734, 6–15.
- Rovira, P., Echeverría, J., 2014. Efecto del tipo de ración en el consumo, desempeño productivo y conducta de terneros suplementados en autoconsumo. *Estrategias intensificación Ganad.* 734, 16–22.
- Rovira, P., Echeverría, J., 2012. Efecto del nivel de suplementación de una mezcla de grano húmedo de sorgo y núcleo proteico en el desempeño productivo de terneros sobre campo natural, in: *Serie Técnica 212*. INIA, Montevideo, pp. 69–79. doi:10.13140/2.1.1874.8162
- Rovira, P., Velazco, J., Montossi, F., 2012. Desempeño productivo de terneros sobre campo natural suplementados con grano húmedo de sorgo y distintos niveles de nitrógeno de liberación lenta (rumenfeed, in: *Serie Técnica 212*. INIA, Montevideo, pp. 47–58.
- Rovira, P.; Velazco, J., 2012. Efecto del agregado de fuentes proteicas al grano húmedo de sorgo en el crecimiento de terneros suplementados sobre campo natural, in: INIA (Ed.), *Serie Técnica 212*. Montevideo, pp. 17–27.

- Ruggia, A., Clara, P., Del Pino, L., Ciappesoni, G., 2014. Efecto de la suplementación infrecuente en terneros Holando pastoreando avena, in: Congreso de La Asociación Uruguaya de Producción Animal (AUPA). pp. 0–1.
- Saldanha, S., 2005. Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de basalto y suelos arenosos de cretácico, in: Seminario de Actualización Técnica En Manejo de Campo Natural. pp. 75–84. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Schauer, C.S., Lardy, G.P., Slinger, W.D., Bauer, M.L., Sedivec, K.K., 2004. Self-limiting supplements fed to cattle grazing native mixed-grass prairie in the northern Great Plains. *J. Anim. Sci.* 82, 298–306.
- Simeone, A., 2013. Prefacio - Simplificando la intensificación ganadera: el autoconsumo. *Simpl. la intensificación Ganad. El Autoconsumo.* 15, 1–2.
- Simeone, A., Beretta, V., Blasina, M., Piñeirúa, A., Renau, M., 2010. Winter Response of Weaned Beef Calves to Self-fed Supplementation on Native Pastures, in: *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* p. 5.
- Simeone, A., Beretta, V., Blasina, M., Piñeirúa, A., Renau, M., 2013a. Uso del autoconsumo en programas de suplementación invernal para terneros pastoreando campo natural. *Simpl. la intensificación Ganad. El Autoconsumo.* 15, 18–24.

- Simeone, A., Beretta, V., Caorsi, C., Manasliski, E., Rodriguez, F., 2013b. Uso del autoconsumo en la alimentación a corral de terneros de destete precoz con raciones sin fibra larga. *Simpl. la intensificación Ganad. El Autoconsumo*. 15, 68–73.
- Simeone, A., Beretta, V., Cepeda, M., Scaiewicz, A., Villagran, J., 2006. RESPONSE TO WEEKLY SUPPLEMENTATION IN WINTER WITH WHOLE MAIZE GRAIN IN BEEF CALVES GRAZING ANNUAL RYEGRASS PASTURE, in: Australian Society of Animal Production 26th Biennial Conference 2006. p. 85.
- Simeone, A., Beretta, V., Elizalde, J., Caorsi, J., Viera, G., 2013c. Raciones totalmente mezcladas suministradas a terneros en comederos de autoconsumo. *Simpl. la intensificación Ganad. El Autoconsumo*. 15, 62–67.
- Simeone, A., Beretta, V., Esteves, M., Laxalde, S., Nario Bejérez, A., 2013d. Uso del autoconsumo en programas de suplementación con nitrógeno no proteico de lenta liberación para terneros pastoreando campo natural. *Simpl. la intensificación Ganad. El Autoconsumo*. 15, 25–32.

- Simeone, A., Beretta, V., Lagreca, M., Rattin, A., Mederos, P., 2013e. Uso del autoconsumo para el suministro del concentrado y oferta de fardo a voluntad en el corral. *Simpl. la intensificación Ganad. El Autoconsumo*. 15, 56–61.
- Soares de Lima, J., Rovira, P., Lagomarsino, X., Montossi, F., Luzardo, S., 2014. Evaluación económica de estrategias de suplementación invernal en vacunos. *Estrategias intensificación Ganad.* 734, 37–45.
- Sollenberger, L.E., Moore, J.E., Allen, V.G., Pedreira, C.G.S., 2005. Reporting forage allowance in grazing experiments. *Crop Sci.* 45, 896–900. doi:10.2135/cropsci2004.0216
- Stricker, J.A., Matches, A.G., Thompson, G.B., Jacobs, V.E., Martz, F.A., Wheaton, H.N., Currence, H.D., Krause, G.F., 1979. Cow-calf production on Tall Fescue-Ladino Clover pastures with and without nitrogen fertilization or creep feeding: spring calves. *J. Anim. Sci.* 78, 13–25.
- Toombs, T.P., Derner, J.D., Augustine, D.J., Krueger, B., Gallagher, S., 2010. Managing for Biodiversity and Livestock: a scale-dependent approach for promoting vegetation heterogeneity in western Great Plains grasslands. *Rangelands* 32, 10–15. doi:10.2111/RANGELANDS-D-10-00006.1

Vaage, A.S., McCartney, D.H., McKinnon, J.J., Bergen, R.D., 1998. Effect of prolonged backgrounding on growth performance and carcass composition of crossbred beef steers. *Can. J. Anim. Sci.* 78, 359–367. doi:10.4141/A97-078

Yambayamba, E., Price, M.A., 1991. Growth performance and carcass composition in beef heifers undergoing catch-up (compensatory) growth. *Can. J. Anim. Sci.* 71, 1021–1029.

## HIGHLIGHTS

- To tackle lack of labour and the need to increase efficiency, a restricted and infrequent self-feeding supplementation strategy for beef calves on native grasslands is proposed.
- Average daily gain was similar between restricted self fed calves and daily supplementation calves, at the same supplementation rate.
- *Ad libitum* self fed calves were more inefficient than restricted self fed calves.
- Restricted and infrequent self-feeding proved to be a valid alternative for rearing calves during winter.