

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**EFFECTO DE LA INTENSIDAD DE PASTOREO SOBRE LA
RESPUESTA PRODUCTIVA A LA SUPLEMENTACIÓN CON GRANO
DE LUPINO EN TERNEROS HEREFORD PASTOREANDO EN
RAIGRÁS BILL MAX DURANTE INVIERNO**

por

**Matías ACLAND BENÍTEZ
Wandy BLANCO LACUESTA
Darwin SOCA ORMAZABAL**

**Trabajo final de grado
presentado como uno de los
requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2023**

Página de aprobación

Trabajo final de grado aprobado por:

Director:

Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Virginia Beretta

.....

Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Álvaro Simeone

.....

Ing. Agr. Natalia Zabalveytia

Fecha: 27 de febrero de 2023

Autores:

Matías Acland Benitez

.....

Wanddy Blanco Lacuesta

.....

Darwin Soca Ormazabal

Agradecimiento

A nuestros padres, hermanos y amigos, por el apoyo recibido durante toda la carrera

A los tutores de tesis Ing. Agr. Virginia Beretta e Ing. Agr. Álvaro Simeone, por el apoyo que recibimos y el aprendizaje que nos brindaron

Al personal de campo de la EEMAC por la colaboración en el manejo de los animales y a la Ing. Agr. Natalia Zabalveytia por su continua disposición.

Tabla de contenido

Página de aprobación	2
Agradecimiento.....	3
Lista de Tablas y Figuras	7
Resumen	9
Abstract.....	10
1 Introducción	11
2 Revisión bibliográfica	13
2.1 Utilización de verdes en la recría de terneros durante el invierno.....	13
2.1.1 Raigrás	14
2.2 Intensidad de pastoreo y performance animal	15
2.3 La Problemática de los verdes	19
2.4 Suplementación energético proteica sobre verdes	22
2.4.1 Antecedentes en el uso de suplementación energética.....	23
2.4.2 Antecedentes en el uso de suplementación proteica	24
2.5 El Grano de lupino como suplemento.....	26
2.5.1 Composición química y características nutricionales del grano de lupino	26
2.5.2 Uso de Lupino	27
2.6 Hipótesis	28
3 Materiales y métodos	29
3.1 Localización y período experimental	29
3.2 Clima	29
3.3 Infraestructura	30
3.4 Pastura y suplemento	30

3.4.1 Pastura	30
3.4.2 Suplemento.....	31
3.5 Animales y tratamientos.....	31
3.6 Procedimiento experimental	32
3.6.1 Período pre-experimental	32
3.6.2 Periodo experimental	32
3.7 Registros y mediciones realizados	34
3.7.1 Pastura	34
3.7.2 Animales	34
3.8 Variables calculadas.....	36
3.8.1 Ganancia media diaria.....	36
3.8.2 Eficiencia de conversión del suplemento.....	36
3.8.3 Utilización del forraje	36
3.9 Análisis estadístico	36
4 Resultados y discusión.....	38
4.1 Condiciones ambientales	38
4.2 Características de la pastura.....	38
4.2.1 Biomasa y altura del forraje ofrecido y del remanente	39
4.2.2 Utilización del forraje	41
4.3 Consumo de forraje y suplemento.....	42
4.3.1 Consumo de suplemento	43
4.3.2 Consumo de forraje	45
4.3.3 Consumo total de materia seca.....	46
4.4 Ganancia de peso y eficiencia de conversión	47

4.5 Comportamiento animal.....	50
4.6 Discusión General.....	53
5. Conclusión.....	56
6. Referencias bibliográficas.....	57
7. Anexos.....	71

Lista de Tablas y Figuras

Tabla Pág.

Tabla 1 Resumen de trabajos evaluando la ganancia diaria de vacunos pastoreando verdeos de invierno en diferentes asignaciones de forraje (AF)	17
Tabla 2 Caracterización de forrajes otoño-invierno (MS, PB, Dig. y FDN).....	20
Tabla 3 Composición química del grano de lupino (<i>Lupinus angustifolius</i>).....	27
Tabla 4 Temperatura media y precipitaciones durante el período experimental para el departamento de Paysandú	30
Tabla 5 Composición química (base seca) de <i>Lupinus angustifolius</i> (Lupino dulce australiano)	31
Tabla 6 Temperatura media y precipitaciones mensuales durante los meses de julio, agosto y setiembre (valores año 2020 y promedio histórico).....	38
Tabla 7 Efecto de la suplementación con lupino (S) y la asignación de forraje (AF) en terneros pastoreando raigrás Bill Max sobre las características de la pastura pre y post pastoreo.....	39
Tabla 8 Efecto de la suplementación con lupino (S) y de la asignación de forraje (AF) sobre el consumo de forraje, suplemento y consumo total (en kg de MS y en % del Peso Vivo)	42
Tabla 9 Efecto de la suplementación con lupino (S) y de la asignación de forraje (AF) sobre el crecimiento del ternero, respuesta a la suplementación y eficiencia de conversión del suplemento.	48
Tabla 10 Efecto de la asignación de forraje (AF) y la suplementación con grano de lupino (S) sobre el comportamiento de terneros pastoreando raigrás (probabilidad de hallar un animal pastoreando, rumiando o descansando), y tasa de bocado (bocados/ minuto).....	50

Figura Pág.

Figura 1 Datos nacionales de ganancia media diaria de novillos Hereford en distintas estaciones del año pastoreando verdeos o praderas a diferentes asignaciones de forraje (AF).....	18
Figura 2 Efecto de la asignación de forraje (AF, kg/100 kg de Peso vivo) sobre el forraje rechazado (kg MS) y la altura (cm) de una pastura de raigrás cv Bill Max pastoreada por	

terneros Hereford desde el 15/07/2020 al 15/09/20	41
Figura 3 Evolución semanal del consumo de lupino ofrecido a razón del 1% del peso vivo a terneros pastoreando raigrás.	43
Figura 4 Contribución relativa del CMS de forraje y suplemento al consumo total de MS en terneros pastoreando raigrás Bill Max expresado en kg de MS/100 kg de PV.....	44
Figura 5 Efecto de la asignación de forraje (AF, 2,5% vs. 5%) y de la suplementación con lupino (Supl vs Testigo) sobre el consumo de forraje (kg cada 100 kg de PV) en terneros pastoreando raigrás Bill Max durante el invierno.	45
Figura 6 Evolución del peso vivo de animales suplementados vs testigo durante el periodo experimental.	49
Figura 7 Efecto de la semana sobre la probabilidad de ocurrencia de actividad de pastoreo, rumia y descanso según AF (AF, kg/100 kg de Peso vivo).....	52

Resumen

El experimento fue realizado en la Unidad de Producción intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, ubicada en el Km 363 de la ruta nacional No. 3, en el departamento de Paysandú. El periodo experimental fue comprendido entre el 7 de julio al 15 de setiembre del 2020. El objetivo fue evaluar diferentes tipos de suplementos y su efecto sobre la performance animal en terneros pastoreando una pastura de raigrás cv Bill Max. Se trabajó con 48 terneros Hereford nacidos en primavera del 2019 con aproximadamente 8 meses de edad. Al inicio del experimento tenían un peso promedio de $148,3 \pm 25,8$ kg. Los 48 animales fueron bloqueados por peso vivo (3 bloques) y asignados al azar dentro de cada bloque, uno de cuatro tratamientos. Diferenciando en la suplementación y en la asignación de forraje, cada tratamiento quedo integrado por tres repeticiones de 4 terneros cada una pastoreando una parcela independiente.

El pastoreo se realizó en franjas con 7 días de permanencia, ajustando semanalmente la AF en cada parcela en función de la disponibilidad de materia seca de raigrás y del peso de los animales.

En cuanto al suplemento (ofrecido al 1% del PV), se utilizó grano lupino partido (*Lupinus angustifolius*). Los tratamientos pastorearon con una oferta de forraje de 2,5 kg de MS cada 100 kg de PV y 5 kg de MS cada 100 kg de PV. El suplemento se suministró a los respectivos tratamientos en las parcelas, por la mañana. La cantidad en base seca fue ajustada semanalmente en función del cambio de pesos de los animales y el contenido de MS del suplemento. La performance animal, medida como ganancia media diaria de peso en los animales suplementados fue 1,12 kg/día y de 0,48 kg/día en los no suplementados, no encontrándose diferencia significativa entre la variable asignación de forraje. Tampoco fue significativa la diferencia en disponibilidad de forraje entre tratamientos ni en el consumo de suplemento. En cuanto a la eficiencia de conversión del suplemento no se registraron diferencias significativas entre tratamientos. La probabilidad de encontrar los animales pastoreando difirió en los tratamientos con suplemento, siendo estos los animales que dedicaron menor tiempo a la actividad, mientras que en la actividad de descanso, los animales suplementados tuvieron diferencias con respecto a los testigos, siendo mayor el tiempo de la misma. La actividad de rumia tuvo diferencias siendo los tratamientos suplementados con lupino los que presentaron mayor tiempo dedicado a esta actividad.

Palabras Clave: suplementación, Lupino, asignación de forraje, Bill Max

Abstract

The experiment was conducted at the Intensive Meat Production Unit (UPIC) of the Dr. Mario A. Cassinoni Experimental Station, Faculty of Agronomy, located at Km 363 of national route No. 3, in the department of Paysandú. The experimental period was from July 7 to September 15, 2020. The objective was to evaluate different types of supplements and their effect on animal performance in calves grazing a ryegrass pasture cv Bill Max. We worked with 48 Hereford calves born in spring 2019 at approximately 8 months of age. At the start of the experiment they had an average weight of 148.3 ± 25.8 kg. The 48 animals were blocked by live weight (3 blocks) and randomly assigned within each block, one of four treatments. Differing in supplementation and forage allocation, each treatment consisted of three replicates of 4 calves each grazing an independent plot.

The grazing was carried out in strips with 7 days of permanence, adjusting weekly the PA in each plot according to the availability of dry matter of ryegrass and the weight of the animals.

As for the supplementation (offered at 1% of the PV), split lupine grain (*Lupinus angustifolius*) was used. The treatments grazed with a forage supply of 2.5 kg DM per 100 kg of BW and 5 kg DM per 100 kg of BW. The supplement was fed to the respective treatments in the plots in the morning. The amount on a dry basis was adjusted weekly according to the change in animal weights and DM content of the supplement. Animal performance, measured as average daily weight gain in the supplemented animals was 1.12 kg/day and 0.48 kg/day in the non-supplemented animals, with no significant difference found between the forage allocation variable. The difference in forage availability between treatments and supplement consumption was not significant either. In terms of supplement conversion efficiency, there were no significant differences between treatments. The probability of finding the animals grazing differed in the treatments with supplement, being these the animals that dedicated less time to the activity, while in the resting activity, the supplemented animals had differences with respect to the controls, with more time dedicated to it. The ruminating activity had differences, being the treatments supplemented with lupine the ones that had more time dedicated to this activity.

Keywords: supplementation, Lupine; forage allocation, Bill Max

1 Introducción

Los verdes de invierno, constituyen un importante componente de las rotaciones agrícolas-ganaderas, siendo su uso con animales de recría, un importante espacio de interacción para explotar las sinergias de la ganadería con la agricultura. Para el caso del raigrás, nuevos materiales como es el caso de *Lolium multiflorum* cv. Bill Max, han demostrado un elevado valor nutritivo cuando se pastorea con novillos de sobreño en diferentes ofertas de forraje (Maschio et al., 2020).

La suplementación sobre verdes contribuye al pastoreo racional y mejora la performance animal, asegurando una adecuada altura de remanente. Existen antecedentes nacionales evaluando la respuesta a la suplementación sobre verdes de invierno en recría. Casi toda la información obtenida ha sido generada en base a la suplementación con almidón como fuente de energía (grano de sorgo y maíz). Sin embargo, otras fuentes de energía derivadas de alimentos no almidonosos, tales como los granos de destilería o granos de leguminosa como lupino, altamente digestibles y de elevado aporte proteico, podrían ser utilizados en el manejo de la recría, aportando un mayor consumo de proteína metabolizable y mayor ganancia de peso vivo.

El lupino como cultivo podría ser una opción invernal para las rotaciones agrícolas, se caracteriza por su alto aporte de energía metabolizable y proteína cruda, esta última de alta degradabilidad ruminal (White et al., 2002). Otros antecedentes (Bergós & Errandonea, 2020) evidencian una respuesta positiva en la ganancia de peso de terneros pastoreando sobre avena y suplementados con lupino (1 kg MS/100 kg peso vivo), superior a la observada cuando se suplementó con sorgo y con mejor eficiencia de conversión del suplemento, aun cuando se pastoreó la avena en alta oferta de forraje (5 kg MS/ 100 kg peso vivo).

El manejo de la intensidad de pastoreo, a través de la oferta de forraje es una de las principales variables de manejo a través de la cual se incide sobre la performance individual y por unidad de área, así como sobre la eficiencia de uso del suplemento, mejorando esta última cuando la oferta se restringe y se reduce la tasa de sustitución de consumo de forraje por suplemento. Es escasa la información a nivel nacional sobre este tipo de respuesta en el manejo de terneros pastoreando en raigrás Bill Max. Disponer de coeficientes técnicos cuantificando las relaciones

entre el manejo del pastoreo y la respuesta a la suplementación con grano de lupino contribuye a la toma de decisiones ex ante en cuanto a la mejor opción de manejo del punto de vista productivo y económico.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta a la suplementación invernal con grano de lupino dulce (*Lupinus angustifolius*) y a la intensidad de pastoreo, en terneros Hereford manejados sobre raigrás Bill Max en dos ofertas de forraje contrastantes.

2 Revisión bibliográfica

2.1 Utilización de verdeos en la recría de terneros durante el invierno

La recría es la etapa del desarrollo del animal desde el destete hasta el momento del entore en las hembras, o su ingreso a las invernadas en los machos. Esta categoría se encuentra en la etapa más eficiente para convertir alimento en músculo y hueso, la cual no es aprovechada como tal (Pigurina et al., 1997).

En Uruguay, la recría de vacunos se desarrolla mayormente sobre campo natural según Quintans (2002), donde se ha comprobado que los animales presentan pérdidas de peso durante el invierno que oscilan entre 0,150 -0,200 kg/día. Esta situación afecta de forma directa la potencialidad del crecimiento del animal generando consecuencias en conjunto para el sistema productivo entre los que se pueden mencionar una mayor edad de entore y mayor edad de faena (Beretta & Simeone, 2008), por lo tanto el resultado en el proceso culmina con baja eficiencia de largo plazo (Montes, 2017).

En la misma línea, Pigurina (1997) afirma que durante el invierno la pérdida de peso en los terneros pastoreando a campo natural puede alcanzar hasta un 20% de su peso vivo, llegando a registrarse inclusive en algunas oportunidades mortandad de animales.

La utilización de verdeos invernales que cumplen un rol importante como componente de las rotaciones forrajeras en sistemas intensivos de recría y engorde de tipo pastoril, complementa el aporte de las pasturas perennes, aportando volumen de forraje de calidad (Carámbula, 2007).

Pasturas sembradas y/o verdeos manejados a altas asignaciones de forraje permiten obtener ganancias medias diarias de 0,550 kg/a/día (Beretta et al., 2002).

Los verdeos de invierno, entre los que se destacan la avena y el raigrás según Borrajo y Barbera (2011) aparecen como una de las herramientas para hacerle frente a la problemática planteada sobre las pérdidas de kilos en animales pastoreando campo natural. Presentan como ventajas la producción de forraje en los momentos que el campo natural y las praderas presentan una producción de pasto insuficiente; el uso eficiente del agua y fertilizantes para producir materia seca; altas tasas de crecimiento en épocas críticas del año y un aporte rápido de forraje por precocidad

y buen rebrote (Carámbula, 2007). También presentan un rol importante como componente de las rotaciones forrajeras en sistemas intensivos de recría y engorde de tipo pastoril, reduciendo el tiempo en el cual suelo permanece desnudo, disminuyendo el riesgo de erosión (Beretta et al., 2018).

2.1.1 Raigrás

El raigrás es uno de los verdeos de invierno más utilizados, tiene varios atributos que lo hacen unas de las forrajeras de preferencia, tales como una buena producción de forraje, alta calidad, muy buen rebrote, buen comportamiento sanitario y resistencia al pastoreo (Perrachón, 2010). Una vez implantado ofrece una gran resistencia al pastoreo, soportando altas dotaciones y además se presenta como una de las plantas forrajeras de mayor digestibilidad (entre 70 y 88%), siempre que sea fertilizado correctamente (Carámbula, 2007). Otra característica de importancia remarcada por este autor es su alta palatabilidad.

Según Borrajo y Barbera (2011), los verdeos de raigrás presentan una curva de crecimiento invierno-primaveral que muestra diferencia en la estacionalidad de la producción.

A nivel nacional, el raigrás anual *Lolium multiflorum* cv. INIA TITAN T, sembrado en 2020 tuvo una producción acumulada bajo corte de 12223 kg MS/ha (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA] & Instituto Nacional de Semillas [INASE], 2020). En evaluaciones de producción secundaria, Kloster et al. (1995) registraron ganancias por animal en el entorno de los 0,730 kg/día y una producción por hectárea de 576 kg, con una carga de 1700 kg de peso vivo (PV)/ha, pastoreando desde julio a setiembre, mientras que con una carga de 1472 kg PV/ha, no se encontraron diferencias en ganancia diaria individual o producción de carne por hectárea, respecto a la carga de 1700 kg PV/ha.

Datos sobre *L. multiflorum* obtenidos por Borrajo et al. (2011), para tres niveles distintos de carga animal con terneras de recría: 3; 4,2 y 5,5 animales/ha, reportan ganancias diarias de 0,928; 0,877 y 0,791 kg/d y producciones de carne por hectárea de 285; 374 y 440 kg/ha.

Según Zanoniani y Noëll (2003), la avena ofrece forraje más temprano en el otoño por su mayor precocidad y el raigrás en invierno y primavera. Por eso estas

especies se utilizan en mezcla, ya que se complementan entre sí, aumentando la producción total. Otra alternativa es utilizar un cultivar como el Raigrás Bill Max, que reúne las características productivas de ambas especies.

El raigrás Bill Max es un cultivar anual tetraploide, sin requerimientos de frío, el cual se seleccionó, entre otras características, por precocidad. Ofrece forraje a los 45-50 días luego de sembrado. En una evaluación de cultivares sembrados el 13 de abril en la Estación Experimental Agropecuaria Mercedes del INTA para el año 2011 el cultivar Bill Max se destacó junto a otros raigrases tetraploides con una alta producción de materia seca al primer y segundo corte (mayor a 2500 kg/ha entre ambos cortes) con buena disponibilidad de humedad y respondiendo positivamente a la fertilización nitrogenada inicial (Barbera et al., 2012).

En otro caso (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2012) se evaluó la producción de varios cultivares de raigrás bajo cuatro cortes. Los cortes fueron realizados el 08/6; 10/7; 24/8; 28/9. El raigrás Bill Max mostró una producción total de 6640 kg MS/ha, distribuidos en 30%, 20%, 21%; 29% para los distintos cortes respectivamente.

2.2 Intensidad de pastoreo y performance animal

La intensidad de pastoreo, regulada a través de la asignación de forraje (kg de materia seca (MS) de forraje ofrecida cada 100 kg de pesos vivo) incide sobre la ganancia de peso vivo de vacunos (Simeone et al., 2002a) ya que probablemente es la principal determinante de las variaciones en el consumo de forraje, lo que tiene una relación directa con la ganancia de peso (Méndez & Davies, 2004).

Según Mott (1960), presiones de pastoreo que permitan una alta disponibilidad de forraje por animal y la posibilidad de realizar pastoreos selectivos, lograrán un mejor comportamiento individual comparado a presiones más altas, que son las que maximizan la producción por hectárea. Asimismo, el manejo de la intensidad de pastoreo podrá afectar el crecimiento de la pastura y su estructura, incidiendo sobre el proceso de cosecha e ingestión de forraje ya que el comportamiento ingestivo es dependiente de las características estructurales del pasto (Nabinger & Carvalho, 2009).

Animales pastoreando a altas presiones de pastoreo cuando la altura de forraje es baja, pastorean a un ritmo más acelerado, por más tiempo, caminan más y de forma más rápida realizando menor número de comidas pero de mayor duración. Por otro lado, bajas presiones de pastoreo pueden restringir la ingestión diaria de forraje, ya que el intervalo de tiempo entre dos bocados sucesivos aumenta excesivamente cuando la estructura del forraje se presenta muy alta y con elevada dispersión de hojas en la parte superior del canopeo. En este caso, la velocidad de ingestión es restringida por el aumento de movimientos mandibulares para manipulación del forraje cosechado (Nabinger & Carvalho, 2009).

Escuder (1996) sostiene que la intensidad de pastoreo es el principal factor que afecta la productividad de un sistema pastoril y que puede ser regulado a través de la carga y el método de pastoreo, el cual afecta la distribución espacial y temporal de los animales en los distintos potreros.

En la tabla 1 se presenta un resumen de resultados de trabajos nacionales evaluando la respuesta a cambios en la asignación de forraje en vacunos pastoreando verdeos.

Tabla 1

Resumen de trabajos evaluando la ganancia diaria de vacunos pastoreando verdes de invierno en diferentes asignaciones de forraje (AF)

Pastura	AF (kgMS/100 kgPV)	Estación	Categoría	GMD	Ref.*
Raigrás	2.5	Otoño		0,54	1
Raigrás	2.5	Invierno	Novillos	1,11	2
	5.0			1,34	
	7,5			1,24	
	10.0			1,31	
Avena	2.5	Otoño	Terneros	0,225	3
	5.0			0,521	
Avena	5.0	Invierno	Terneros	0,500	4
Avena	5.0	Otoño		0,52	5
Avena	2.5	Invierno	Terneros	0,532	6
	5			0,652	
	7.5			0,712	
	10.0			0,710	

Nota. Elaborado a partir de ¹ Cepeda et al. (2005), ²Algorta et al. (2015), ³ Simeone & Beretta (2004), ⁴ Bergós & Errandonea (2020), ⁵ Barrios et al. (2019) y ⁶ Beretta et al. (2010).

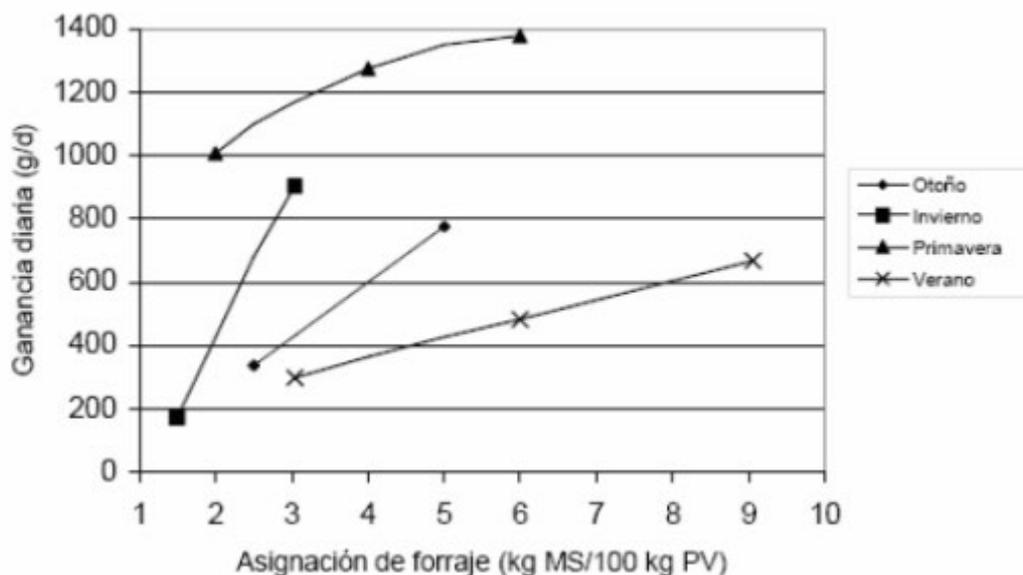
Según Beretta et al. (2010) la asignación de forraje presenta una respuesta cuadrática con respecto a las ganancias diarias, en un experimento con terneras, al menos en el rango evaluado se encontró una respuesta máxima con una AF de 8,7% (Tabla 1), considerando que se mostró una tasa de reducción en los incrementos al aumentarse la AF. Dalley et al. (1999) explican que existen cambios en la calidad del alimento consumido por el animal, variando la asignación de forraje, ya que a través de esta el animal puede hacer mayor o menor selección. En la misma línea, Wales et al. (1998) encontraron que animales pastoreando a mayores asignaciones de forraje seleccionan dietas de mayor calidad, mayor proteína cruda y menor nivel de fibra detergente neutro cuando se comparaba con animales a baja asignación de forraje.

Si siguiendo con el mismo concepto, en el caso de pasturas de baja calidad, sería viable aumentar la asignación de forraje para permitirle a los animales seleccionar forraje de mayor calidad y así obtener altas tasas de ganancia de peso (Méndez & Davies, 2004). Estos autores afirman que esta es la principal limitante para obtener altas ganancias de peso vivo, el mismo concepto fue observado por Jamieson y Hodgson (1979), donde encontraron una respuesta cuadrática entre la asignación de forraje y la ganancia diaria de peso vivo, reportando que a medida que aumenta la asignación de forraje, aumenta la ganancia media diaria por animal con incrementos decrecientes.

Simeone y Beretta (2004) realizaron trabajos con novillos Hereford pastoreando a diferentes asignaciones de forraje sobre verdeos y praderas en distintos momentos del año y cuantificaron diferentes curvas de respuestas para cada estación (Figura 1)

Figura 1

Datos nacionales de ganancia media diaria de novillos Hereford en distintas estaciones del año pastoreando verdeos o praderas a diferentes asignaciones de forraje (AF).



Por otro lado, según Poppi et al. (1987), cuando disminuye la asignación de forraje toman más importancia los factores no nutricionales en la determinación del consumo, ya que bajo estas condiciones aumenta la dificultad para cosechar forraje,

además se reduce la cantidad de forraje ingerido debido a una disminución en el peso del bocado (Reinoso & Soto, 2006), lo que deprime el consumo determinando menor performance en ganancia diaria.

La asignación determina el horizonte pastoreo y por ende el consumo. A mayor asignación de forraje, se pastorean principalmente las hojas presentes a mayor altura, en cambio cuando la asignación es baja, se pastorean las hojas hasta una mayor profundidad, lo que provocaría que a medida disminuye el horizonte de pastoreo disminuye el tamaño del bocado (Ungar, 1996).

Maschio et al. (2020) estudiaron la producción animal sobre una pastura de raigrás (*Lolium multiflorum* cv. Bill Max) pastoreada por novillos donde se obtuvo una respuesta en ganancia diaria individual hasta una asignación de forraje de 7,85 con una GMD de 1,311 kg/día. Por otro lado, Combellas y Hodgson (1979) encontraron que los consumos máximos de MS se obtuvieron con asignaciones de forrajes de 4,5 a 5 % del PV

2.3 La Problemática de los verdes

Los verdes de invierno presentan limitantes nutricionales, principalmente en los primeros pastoreos (otoño-invierno), reflejado en bajas ganancias de peso, tanto en ganado de recría como en engorde (Beretta et al., 2002), menor a las esperadas en función de la concentración proteica y la digestibilidad aparente de estas pasturas (Elizalde & Santini, 1992; Tabla 2). Las principales limitantes son la baja relación de carbohidratos solubles/proteína de alta degradabilidad y el bajo contenido de materia seca de la pastura, limitando así la síntesis de proteína microbiana y el consumo efectivo de forraje, respectivamente, aun a alta asignación de forraje (Beretta et al., 2002; Rearte & Santini, 1989).

Bajo esta premisa, la suplementación con concentrados energéticos ha sido recomendada apuntando a mejorar el balance entre proteínas y energía a nivel ruminal y el consumo de materia seca (Simeone et al., 2002a).

Tabla 2*Caracterización de forrajes otoño-invierno (MS, PB, Dig. y FDN)*

Pastura	MS (%)	PB (%)	Dig.MS (%)	FDN (%)	Ref. *
Avena	15,3	17,9	71,3*	55,3	1
Raigrás	20,1	15,2	-	47,9	2
Avena y Triticale	12,8	20,6	72,1	47,7	3

Nota. MS = materia seca; PB = proteína bruta; Dig. MS = digestibilidad de la materia seca; FDN = fibra detergente neutro. * expresada como % de nutrientes digestibles totales. Elaborado a partir de ¹Carriquiry et al. (2002), ²Elizondo et al. (2003) y ³Kloster et al. (1995).

Según Santini y Rearte (1997) las altas concentraciones amoniacaes están dadas por el alto contenido de proteína bruta de las pasturas y la alta degradabilidad que presenta la misma a nivel ruminal. Estos autores aseguran que el amonio producido es utilizado por las bacterias del rumen cuando la energía a nivel ruminal no es limitante. Cuando es limitante, el amonio no utilizado, será en parte reciclado vía saliva y el resto excretado a través de la orina. Esta pérdida es importante para el animal porque pierde un componente nitrogenado de la dieta, por otro lado, le genera al animal un gasto energético extra a nivel hepático cuando el amonio es convertido en urea para su posterior excreción y genera una disminución en la síntesis de proteína microbiana en el rumen (Elizalde et al., 1996).

También explican, que la baja eficiencia en el aprovechamiento del forraje de otoño estaría dada por una menor absorción de propiónico, mayores pérdidas de nitrógeno y a las interacciones de estos factores sobre el balance hormonal del animal (Elizalde & Santini, 1992). Un estudio realizado por estos autores, donde evaluaron la cantidad de proteína disponible para el animal consumiendo avena en otoño y primavera, demostró que si bien el consumo de proteína bruta en otoño fue más del doble que en primavera, la cantidad de proteína metabolizable absorbida por el animal fue similar para ambas épocas. Esto es consecuencia de que en otoño la cantidad de proteína que arriba al duodeno (en relación a lo consumido) es mucho menor que en primavera. Esta disminución de la proteína que llega al duodeno genera un déficit de proteína para el animal, especialmente en categorías de

elevados requerimientos como lo son los terneros recién destetados y novillos en las primeras etapas de crecimiento (Chalupa, 1975).

Esta problemática asociada a los pastoreos tempranos de verdeo y sus consecuencias en términos de limitaciones en el consumo y una serie de trastornos fisiológicos y metabólicos que se expresan en ganancias de peso inferiores a las que podrían esperarse en forrajes de alta calidad ha sido reportada por varios autores (Elizalde & Santini, 1992; Kloster et al., 1995; Risso et al., 1997; Santini & Rearte, 1997; Méndez & Davies, 2001; Simeone et al., 2002a, Simeone et al., 2002b).

Méndez y Davies (2001) afirman que una limitación en el consumo causada por la asignación insuficiente de forraje parecería ser la causa más importante que condiciona la ganancia de peso, mientras que los otros factores ya mencionados intervienen en menor medida, ya que con asignaciones de forraje superiores al 2.5% del peso vivo (PV) se podrían alcanzar ganancias superiores a 0.800 kg por animal por día. Otros trabajos sin embargo, refieren lo contrario. Berasain et al. (2002) en un trabajo con novillos de sobreaño sobre avena y pradera permanente pastoreados con asignaciones de forraje del 2.5% y 5% del PV, pudieron concluir que el bajo consumo (1.43% del PV) encontrado con la asignación de forraje más baja, podría ser explicado por la baja oferta diaria de MS que impediría a los animales lograr mayores consumos, teniendo una ganancia media diaria de 0.316 kg/animal/día; en cambio en la asignación de forraje más alta (consumo de 2.03% del PV), la limitante al consumo podría explicarse por el bajo porcentaje de MS del forraje, teniendo así una ganancia media diaria de 0.507 kg/animal/día.

En otro trabajo, Elizondo et al. (2003) utilizando las mismas asignaciones de forraje y la misma categoría animal, pero en este caso sobre un verdeo de raigrás, obtuvieron consumos más altos, 2.07% y 3.16% del PV para asignaciones de forraje de 2.5% y 5% del PV respectivamente, concluyendo así que, el bajo consumo en la asignación de forraje al 2.5% del PV estuvo dada por la baja disponibilidad de MS/animal/día de dicha asignación. En este trabajo las ganancias individuales fueron de 0.873 kg/animal/día y 1.348 kg/animal/día para asignaciones de forraje de 2.5% y 5% respectivamente, lo que no reflejaría la problemática del otoño.

Dado esta problemática, diversos trabajos han demostrado la ventaja que resulta de la suplementación con fuentes de energía rápidamente disponible

(Ustarroz & De León, 1999; Barrios et al., 2019; Bergós & Errandonea, 2020). Estos autores expresan que la suplementación con granos de cereales se presenta como la alternativa eficaz para solucionar el desbalance de energía y proteína del forraje de otoño.

Para realizar dicha suplementación, es recomendable el procesamiento de los granos como herramienta de manejo para tener cierta manipulación sobre la tasa de degradación y sitio de digestión del almidón, pudiendo incidir sobre la eficiencia de utilización de los nutrientes en el forraje (Caorsi et al., 2001).

2.4 Suplementación energético proteica sobre verdes

La suplementación es definida por Pasinato y Sevilla (2002) como el agregado de un nutriente a la dieta base, por su parte Pigurina (1997) lo conceptualiza como el suministro adicional de alimentos en forraje pastoreado en tiempos de escasos o con balance inadecuado para generar aumentos en el consumo de nutrientes para cumplir con los objetivos de producción que se determinen.

La suplementación sobre pasturas sembradas forma parte de una tecnología cada día más común, implementada con el fin de optimizar el uso de los recursos, lográndose mejoras en la carga por hectárea y obtención de mayor ganancia de peso individual. Además, busca crear un balance nutricional en la pastura para lograr el máximo consumo voluntario de los animales (Brit, 2020).

Por su parte, es importante destacar que los verdes muestran alto nivel de proteína bruta entre 20 % y 25% que es elevadamente degradable y baja concentración de carbohidratos solubles, por lo que la suplementación contribuye para que los animales obtengan carbohidratos de fermentación rápida y proteínas no degradable para balancear de forma perfecta la pastura (Brit, 2020).

Según Caton y Dhuyvetter (1997), la suplementación puede adoptar la forma de sustitución cuando se eliminan los nutrientes del pastoreo a cambio de un suplemento. Los mismos autores señalan que tanto la suplementación como la sustitución pueden ser deseables dependiendo de la cantidad y calidad de forraje, así como de las demandas de producción.

La suplementación durante el primer invierno de los terneros constituye una herramienta muy importante en la mejora de la eficiencia durante la recría y de todo

el ciclo productivo en su conjunto (Luzardo et al., 2012).

Es también de suma importancia conocer la composición química del suplemento y de pastura, realizando un adecuado ajuste en los niveles proteína y energía adecuando la proteína y la suplementación (nitrógeno no proteico, proteína verdadera, proteína bypass) y energía (fibra, azúcares solubles o almidón), ya sean de granos, subproductos, henos o ensilajes (Pigurina, 1997).

2.4.1 Antecedentes en el uso de suplementación energética

Según Caton y Dhuyvetter (1997), la suplementación con energía para compensar las deficiencias o satisfacer las demandas de producción se practica a menudo durante los periodos de otoño e invierno. Los mismos autores señalan que en situaciones en la que la disponibilidad de energía del forraje es limitado, se recurre a la suplementación energética para satisfacer las demandas.

Los procesos que ocurren en el ambiente ruminal a través de la degradación de carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina) y no estructurales (almidón, carbohidratos solubles) generan el 60 % de la energía necesaria para mantenimiento y producción a través de los ácidos grasos volátiles (AGV) sintetizados por los microorganismos del rumen que luego son absorbidos para su utilización (Elizalde et al., 1996).

La suplementación con concentrados energéticos, además de aumentar el consumo de materia seca, mejora la eficiencia de utilización del nitrógeno (Sinclair et al., Bargo et al., como se citan en Noro et al., 2006).

Cuando se utiliza granos de cereales y pasturas en la alimentación de rumiantes, se producen efectos asociativos a partir de interacciones digestivas y metabólicas, que modifican el consumo de energía metabolizable (Elizalde & Santini, 1992).

Caton y Dhuyvetter (1997) concluyen que aumentando el nivel de suplemento (almidón) baja el tiempo de pastoreo, bajando los requerimientos energéticos asociados al pastoreo.

En la misma línea, Barrios et al. (2019) suplementaron con una mezcla de sorgo molido, burlanda seca de sorgo y retornable fino a 60 terneros castrados de la raza Hereford, pastoreando sobre Avena Bizantina al 5% de asignación de

forraje, con encierre nocturno, registrando un promedio de ganancias diarias de 660 g en todo el experimento.

Algorta et al. (2015) evaluaron la suplementación con grano de sorgo molido, en terneros pastoreando verdeos de invierno con dos asignaciones de forraje contrastantes (2,5% y 5% AF). Utilizaron 48 terneros Hereford y 3 manejos de la suplementación; testigo sin suplementar, suplementación diaria y suplementación con autoconsumo. En lo que refiere a la performance animal, obtuvieron la mayor respuesta en suplementación diaria, con ganancias de 458 y 745 g/d en asignaciones de 2,5% y 5%, respectivamente.

2.4.2 Antecedentes en el uso de suplementación proteica

Luego de que el rumen se vuelve funcional (6 a 8 semanas de edad) los requerimientos de proteína responden a dos sistemas, el nitrógeno necesario para la fermentación microbiana en retículo-rumen y el aporte de aminoácidos post ruminal que van a los tejidos del animal (National Research Council [NRC], 1984).

Los requerimientos proteicos de los rumiantes para los diferentes procesos fisiológicos y productivos se expresan en proteína metabolizable, la cual se define como la proteína verdadera digerida en el intestino a aminoácidos y posteriormente absorbida (NRC, 2001).

Animales en crecimiento tienen altos requerimientos en proteína metabolizable, para alcanzarlo puede ser necesario suplementar con fuentes de nitrógeno (Kilkenny, 1978; Leaver, 1978). A su vez, en animales de esta característica, por ejemplo terneros de recría debido a sus altos requerimientos, es donde se manifestará la mayor respuesta al tipo de la proteína ofrecida (Milton et al., 1997).

En el caso de los verdeos invernales, una alta tasa de degradación ruminal de la proteína (Van Vuuren et al., 1990; Hersom, 2008), y el alto contenido de nitrógeno soluble que no es usado de forma eficiente para la síntesis de proteína microbiana (Van Vuuren et al., 1986), resulta en un menor aporte de proteína microbiana al duodeno (Reynolds & Kristensen, 2008).

Según Santini et al. (1984), las pasturas de alta calidad cubren los requerimientos de proteína en animales de baja producción, pero no necesariamente

en el caso de animales jóvenes en rápido crecimiento con altos requerimientos, ya que mucha de esa PB no llega al intestino delgado (Ulyatt et al., 1975).

En estos casos, mediante la suplementación con proteínas de baja degradabilidad se obtiene una mejora en la respuesta productiva (Chalupa, 1975). En la misma línea, Donaldson et al. (1991), afirman que la provisión de proteína no degradable en rumen a animales pastoreando sobre verdes puede ser deficiente en animales jóvenes, donde es probable obtener una baja respuesta productiva, por lo cual la suplementación con proteína sobrepasante es una alternativa efectiva para incrementar la proteína utilizable total en rumiantes.

Los verdes tienen elevados contenidos de PB, pero son deficientes en el aporte de proteína metabolizable intestinal. Los granos de destilería por su alto contenido de proteína no degradable en el rumen serán un recurso importante para la suplementación de los forrajes de alta calidad. En condiciones de pastoreo o en dietas a base de forraje voluminoso, los subproductos de granos destilados son excelente fuente de proteína, energía, y minerales para suplementar categorías de cría, recría y engorde (Arroquy et al., 2014).

El efecto del tipo de suplemento sobre la respuesta a la suplementación proteica sobre terneras (162 kg) en verdes de invierno fue evaluado por Bergós y Errandonea (2020), comparando frente a un testigo sin suplementación pastoreando avena el efecto de la suplementación con sorgo molido, DDGS o grano de lupino, todos ofrecidos a razón de 1 kg de MS/ 100 kg de peso vivo, y pastoreando con una asignación de forraje de 5%. Las terneras suplementadas con grano de Lupino registraron ganancias un 82% superiores al testigo (946 g/d vs 520 g/d), seguido por aquellas suplementadas con DDGS (871 g/d, un 67% superior) y el sorgo molido (0,667 kg/día).

Simeone et al. (2020) suplementan terneros de destete precoz alimentados sobre una pradera permanente compuesta por festuca, trébol blanco y lotus corniculatus con una asignación de forraje del 8%. La suplementación con grano de lupino al 1% del peso vivo, resultó en ganancias diarias de 670 g/día vs 770 g/día con respecto a la suplementación con ración comercial.

2.5 El Grano de lupino como suplemento

2.5.1 Composición química y características nutricionales del grano de lupino

El grano de lupino forma parte de las leguminosas de la familia Leguminosae como subfamilia Papilionoideae. Existen variadas especies de lupino, pero de forma global en América solo se cultivan cuatro géneros: lupino blanco, lupino de hoja angosta, *Lupinus australiano* y el lupino amarillo (Mera, 2016).

El lupino se caracteriza por un muy bajo contenido de almidón, en un rango entre no detectable y 15 g/kg. Su energía proviene en gran parte del aporte de celulosa, hemicelulosa y pectinas presentes en la cáscara de la semilla y de polisacáridos complejos presentes en la pared celular de los cotiledones del grano, fundamentalmente β -galactanos (Pettersson, 2000; Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [FEDNA], 2019).

También se caracteriza por un contenido de carbohidratos no almidonosos fermentables que explican el elevado aporte de EM del lupino, a lo cual se suma un 5 a 6% de grasas insaturadas con alta proporción de oleico y linoleico (FEDNA, 2019). Sin embargo, la menor tasa de fermentación con relación al almidón, lo torna un alimento más seguro en términos de un menor riesgo de acidosis (FEDNA, 2019).

El grano de lupino es un aporte importante para la alimentación animal dadas sus características proteicas y energéticas, pero para que cumpla con las características debe poseer un contenido de alcaloides inferior a un 0,05 por ciento (Catrileo & Rojas, 1995).

Con respecto a la proteína del lupino, presenta una fracción altamente degradable en rumen. Agricultural Food and Research Council (AFRC, 1993) reporta valores para las fracciones soluble y lentamente degradable en rumen de 26% y 73%, respectivamente, con una tasa de degradación $k_d = 0.13\%/h$. Freer y Dove (1984) reportan que, en la evaluación in situ del grano, la tasa de desaparición del N está fuertemente afectada por el tamaño de partícula debido al procesamiento del grano de lupino. La molienda fina, media o gruesa redujo el N desaparecido a las 2 h (85, 45 y 10%, respectivamente) así como la k_d (0.34, 0.07 y 0.06 %/h,

respectivamente), sin embargo, a las 24 h no se observaron diferencias en el N desaparecido (97 a 91%). Dado una tasa de pasaje en torno a 0.05 h⁻¹ estos autores estimaron que la degradación de la proteína alcanzaría 90, 79 y 70% para un procesamiento del lupino fino, medio o grueso

Otras fuentes indican para lupinos de modo genérico valores de PC entre 26% y 34.2%, y EM entre 2.8 y 3.4 (AFRC, 1993; NRC, 1988; FEDNA, 2019).

Otro antecedente con respecto a la composición química del grano de lupino dulce (*Lupinus angustifolius*) de producción nacional, es el aportado por Bergós y Errandonea (2020), que se presenta en la tabla 3.

Tabla 3

Composición química del grano de lupino (Lupinus angustifolius)

	Grano Lupino
MS (%)	90,39
PC (%)	33,22
NIDA % X 6.25	3,07
aFDNAmo(%)	34,20
FDAmo(%)	20,00
EE(%)	5,74
C(%)	4,88

Nota. Todos los valores expresados en base seca. Materia seca (MS), proteína cruda (PC), nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA), fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas (aFDNmo), fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDAmo), extracto etéreo (EE), cenizas (C). Tomado de Bergós & Errandonea (2020).

2.5.2 Uso de Lupino

Catrileo y Rojas (1995) destacan a los granos de lupino, cuyo principio de energía no proviene del almidón, genera alto nivel de digestión y gran aporte de proteínas, como indicados para suplementar animales en etapa de recría, por lo balanceado nutricionalmente que son las proteínas metabolizable que aportan para generar aumento en el peso.

El Lupino es una de las leguminosas con mayor potencial para ser utilizado en la alimentación, siendo su calidad nutricional superior al de la soja y otras legumbres (Catrileo & Rojas, 1995).

Ahora bien, de acuerdo con la especie, el contenido proteico del lupino se asemeja al del grano de soja, lo que se acerca a un 39%, en ocasiones puede incluso superarlo (Mera, 2016), según influencias ambientales, lo que puede generar considerables variaciones entre temporadas o localidades (INIA, 2016). Además, por su condición de leguminosa invernal, el lupino podría ser incluido en rotaciones agrícolas ganaderas, bien por la producción de un grano comestible de gran valor nutritivo, por la gran contribución de nitrógeno que aporta al sistema y por su gran adaptabilidad a suelos con baja concentración de fósforo (INIA, 2016).

El lupino entero, podía sustituir al afrechillo de soja a razón de 0,50 kg diarios por animal, además los animales pueden acostumbrarse de forma fácil a la suplementación con lupino pudiendo complementarse incluso durante la gestación y lactancia (Catrileo & Rojas, 1995).

2.6 Hipótesis

La suplementación con grano de lupino mejora la performance de terneros pastoreando Raigrás Bill Max, sin embargo, la magnitud de la respuesta productiva y la eficiencia de uso de dicho grano pueden verse modificadas por la asignación de forraje a la cual se pastorea el verdeo.

3 Materiales y métodos

3.1 Localización y período experimental

El trabajo se llevó a cabo en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (E.E.M.A.C.) Facultad de Agronomía (Paysandú, 32°38' S; 58°04' W) durante 70 días, entre el 7 de julio y el 15 de setiembre de 2020. Previo al inicio del experimento hubo un periodo de acostumbramiento de una semana de duración

El área experimental se encuentra ubicada sobre suelos pertenecientes a la Unidad San Manuel, donde la formación geológica es Fray Bentos, teniendo como el grupo de suelos dominantes el 11.3. Los suelos de las zonas altas son una asociación de Brunosoles Eutricos Luvicos, de color pardo muy oscuro, textura franca arcillo limosa, fertilidad alta y moderada a imperfectamente bien drenados, y Solonetz. En las laderas existen Brunosoles Eutricos Típicos, profundos, moderadamente profundos y superficiales de características similares a los mencionados anteriormente (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca [MGAP], 2020).

3.2 Clima

El departamento de Paysandú cuenta con un régimen de precipitaciones de 1015,1 milímetros anuales, una humedad relativa de 73 % y una temperatura media anual de 17,9° C, variando entre un máximo promedio de 23,8°C y un mínimo promedio de - 4,5°C (Instituto Uruguayo de Meteorología [INUMET], 2020).

Las precipitaciones ocurridas durante el periodo experimental fueron de 138 mm, mientras que la temperatura promedio fue de 13,1 °C. Los detalles se presentan en la tabla 4 (INUMET, 2020).

Tabla 4

Temperatura media y precipitaciones durante el periodo experimental para el departamento de Paysandú

Mes	Temperatura (°C)	Precipitaciones (mm)
Julio	10,4	13,2
Agosto	14,6	44,4
Setiembre	14,4	80,4

Nota. Elaborado a partir de INUMET (2020).

3.3 Infraestructura

El área experimental se delimitó perimetralmente por hilos electrificados utilizando piques y varillas de plástico. Se utilizaron 6 comederos de 1 m de largo con acceso por ambos lados, proporcionando así un frente de ataque de 50 cm por animal. Se utilizaron tarrinas cortadas horizontalmente, de 60 cm de diámetro y 50 cm de altura para el suministro de agua en la parcela.

Se utilizaron las instalaciones de manga, cepo y balanza de la UPIC para el pesaje y manejos sanitarios de los animales.

3.4 Pastura y suplemento

3.4.1 Pastura

Se utilizaron 11 hectáreas de un verdeo de Raigrás (*Lolium multiflorum* cv. Bill Max) sembrado el 26 de marzo de 2020 con una densidad de 25 kg/ha. Se fertilizó a la siembra con 152 kg/ha de fosfato de amonio (18-46-0) y posteriormente el 15 de mayo de 2020 con 100 kg/ha de urea azufrada. Luego de iniciado el experimento, en cada pastoreo se re-fertilizó con urea azufrada a razón de 100 kg/ha. El control de malezas se realizó de la siguiente manera:

-Pre-siembra: Glifosato DMA 48% 3 l/ha + Picloram 0,12 l/ha + Amina 1 l/ha.

-A la siembra: Glifosato DMA 48% 2 l/ha + Cetodim 0,8 l/ha

-Post siembra: Glifosato DMA 48% 1,2 l/ha

3.4.2 Suplemento

Como suplemento se utilizó grano de Lupino quebrado (*Lupinus Angustifolius*), proveniente de Estancia “El Cerro”. Su composición química se presenta en la tabla 5.

Tabla 5

Composición química (base seca) de Lupinus angustifolius (Lupino dulce australiano)

Análisis	Muestra compuesta de Lupino
MS%	91.24
C%	3.64
PC%	26.34
EE%	3.95
NIDN (%N*6.25)	4.26
NIDA (%N*6.25)	1.59
aFDNmo %	46.89
FDAmo %	36.96
Ligas %	7.92

Nota. Todos los valores son expresados en base seca. Materia seca (MS), cenizas (C), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), nitrógeno insoluble en detergente neutro (NIDN), nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA), fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas (aFDNmo), fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDAmo), lignina (Ligas).

3.5 Animales y tratamientos

Cuarenta y ocho terneros de la raza Hereford ($148,3 \pm 25,8$ kg), provenientes del rodeo de cría experimental de la E.E.M.A.C, nacidos en la primavera del año 2019 y castrados al nacimiento, fueron bloqueados por peso vivo (livianos, medios y pesados), y asignados al azar dentro de bloque a cuatro grupos, los cuales luego fueron sorteados a uno de cuatro tratamientos en un arreglo factorial 2×2 .

Los tratamientos, resultaron de la combinación de dos niveles de suplementación con grano lupino quebrado (0 vs 1 kg MS/100 kg PV), con dos niveles de intensidad de pastoreo, regulada en base a la asignación de forraje (AF,

2,5 vs 5 kg MS/ 100 kg de PV animal):

- Pastoreo con AF 2,5% sin suplementación.
- Pastoreo con AF 2,5 % más suplementación con grano de lupino.
- Pastoreo con AF 5% sin suplementación.
- Pastoreo con AF 5 % más suplementación con grano de lupino.

Cada tratamiento quedó constituido por tres repeticiones (n=3) y cada repetición integrada por 4 terneros pastoreando una parcela independiente.

3.6 Procedimiento experimental

Previamente al comienzo del experimento se realizó un periodo pre-experimental de 7 días durante el cual el grano fue introducido gradualmente y los animales fueron acostumbrados a la rutina de manejo. El periodo experimental se desarrolló durante 70 días.

3.6.1 Período pre-experimental

Durante este periodo los animales se adaptaron al consumo de un concentrado no conocido. Esta adaptación consistió en suplementar a todos los animales con el 1% del PV, partiendo desde el día 1 con 6/7 de una ración ya conocida por los animales (COPAGRAN recría) y 1/7 del concentrado a ser usado durante el experimento (Lupino). Previo a la inclusión de Lupino, los animales transitaron por un periodo de acostumbramiento al consumo de ración, el cual tuvo una duración de una semana donde se suplementó con ración comercial. Con el correr de los días se fue suplantando 1 parte de ración balanceada por una parte de Lupino hasta llegar al último día donde el total de lo ofrecido fue Lupino. Al finalizar este periodo, cuando todos los animales a ser suplementados consumían grano de lupino, se realizó un registro del PV de los animales, tomando este como peso de inicio del experimento.

3.6.2 Período experimental

3.6.2.1 Manejo de la pastura. El sistema de pastoreo fue rotativo, en franjas semanales, un total de 12 parcelas (tres por tratamiento). Se retornó a las parcelas ya pastoreadas en función del forraje acumulado.

La asignación de forraje fue ajustada semanalmente mediante regulación del

tamaño de franja de acuerdo a la disponibilidad de forraje y al último PV (vacío) promedio registrado para cada tratamiento, sin considerar la proyección de las ganancias entre pesadas.

Durante una semana en cada pastoreo (primer y segundo pastoreo) a fin de realizar algunas mediciones concentradas, se realizó pastoreo en franjas diarias. Esto se llevó a cabo durante las semanas 5 y 9 de cada pastoreo.

En términos de la aleatorización de las parcelas la pastura de Raigrás fue homogénea en toda su distribución.

3.6.2.2 Manejo de la suplementación. El ajuste de la cantidad ofrecida de suplemento se calculó con el PV promedio de cada parcela suplementada, ajustándose cada 14 días en función de la evolución de peso de los animales luego de cada pesada.

La suplementación con grano se realizó diariamente por la mañana (8:00 horas) a razón del 1% del PV en base seca, en comederos ubicados dentro de la misma parcela. Cada animal recibía la cantidad de suplemento de acuerdo a la parcela que pertenecía, durando la rutina de suplementación aproximadamente dos horas. Se suministró agua con bebederos en las parcelas los cuales eran llenados diariamente.

El suplemento rechazado era retirado de los comederos siendo acondicionado en bolsas plásticas identificadas con el número de parcela correspondiente para ser posteriormente pesado.

3.6.2.3 Manejo sanitario. Todos los animales recibieron el mismo manejo sanitario, el día 1 de julio se les proporcionó antiparasitarios el cual fue Fosfato Levamisol 22,3 % y el día 7 de julio se vacunaron contra la Fiebre Aftosa con Bioaftogen 976 con una dosis por animal de 2 ml.

Durante el experimento, un animal correspondiente al tratamiento con pastoreo AF 5% más suplementación con grano de lupino, fue afectado por Actinobacilosis, por lo que debió ser tratado el 1 de setiembre con antibiótico (Penicilina). El día 3 de setiembre se volvió a tratar con antibiótico y Micoïdena.

3.7 Registros y mediciones realizados

3.7.1 Pastura

3.7.1.1 Biomasa de forraje disponible. Las mediciones de disponibilidad de forraje (kg MS/ha) para el ajuste de la AF fueron realizadas semanalmente pre-pastoreo, 3-4 días previos al cambio de franja, mediante el método de rendimientos comparativos (Haydock & Shaw, 1975). El procedimiento consistió en marcar una escala de tres estratos en función de la cantidad de biomasa aérea, donde el estrato 1 representa baja cantidad de biomasa, estrato 3 representa alta cantidad de biomasa y un estrato 2 intermedio. Se procedió a arrojar el cuadro de muestreo de manera aleatoria, 100 veces para una medida general cubriendo toda el área posible a ser usada y luego 50 veces por parcela, registrando la frecuencia de aparición de cada estrato en la pastura. Se realizaron 6 cortes al ras del suelo de la biomasa aérea (dos por cada estrato) usando cuadros de 0,09 m² (0,3m x 0,3m). Las muestras se pesaron frescas, luego se secaron en estufa de aire forzado a 60° C hasta obtener peso constante (aproximadamente 48 horas), para la determinación del contenido de materia seca. Finalmente, con el peso seco de cada estrato y la frecuencia de aparición se calculó la disponibilidad de MS de forraje en cada parcela.

3.7.1.2 Forraje remanente. Para la estimación del forraje remanente, una vez que los animales se cambiaban de parcela se procedió utilizando el mismo método utilizado para cuantificar la biomasa ofrecida, en este caso de manera de lograr mayor precisión en la estimación, se optó por asignar puntos intermedios en la escala antes mencionada, dado la mayor heterogeneidad de la pastura.

3.7.1.3 Altura del forraje. La altura del forraje fue registrada en cinco puntos de la diagonal del cuadro utilizado para muestreo (3 escalas), además se registró la altura en forma conjunta a la estimación de frecuencia en cada parcela (50 registros en cada parcela). La altura se determinó con regla, registrando el punto más alto de la hoja viva en contacto con la misma, sin extenderla.

3.7.2 Animales

3.7.2.1 Peso vivo. El día 07/07/2020 se registró la primera pesada, correspondiendo esta al PV de inicio de experimento, continuándose con pesadas individuales cada 14 días hasta el final del experimento. Los animales fueron pesados por la tarde registrándose el peso lleno y luego por la mañana, después de

12 horas de ayuno, correspondiendo al peso vacío.

Para el registro del peso vivo se utilizó una balanza electrónica con una capacidad de 2000 kg \pm 1 kg. Al momento de pesar los animales los tratamientos estaban mezclados y los mismos ingresaban sin orden predeterminado.

3.7.2.2 Altura de los animales. Antes de registrar el peso vacío de cada animal, se midió con una regla métrica la altura desde el suelo hasta la parte más alta del anca. Para realizar esta medición se buscó que el animal quedara quieto, con las extremidades alineadas. Esta medida se determinó al inicio y fin del periodo experimental.

3.7.2.3 Consumo de suplemento. El consumo de suplemento fue determinado para cada parcela como la diferencia entre la cantidad de suplemento ofrecido y lo rechazado diariamente. Semanalmente se tomaron muestras de suplemento para la determinación del contenido de MS y posterior ajuste de la cantidad ofrecida, así como también la cantidad rechazada.

3.7.2.4 Consumo de forraje. El consumo de forraje fue estimado semanalmente en los cuatro tratamientos como la diferencia entre la biomasa de forraje presente en cada parcela previo al pastoreo y el rechazo, luego de la salida de los animales (Método agronómico = forraje desaparecido). La biomasa de forraje previo a la entrada, así como luego de la salida de la parcela fue estimada con la técnica antes mencionada de rendimientos comparativos, doble muestreo.

3.7.2.5 Comportamiento ingestivo. Durante las semanas 5 y 9 se caracterizó el comportamiento ingestivo de los animales registrando a través de la apreciación visual las actividades de pastoreo (búsqueda y efectivo), rumia, descanso, acceso a comederos y bebederos cada 10 minutos, durante el periodo de horas de luz (8:00 a 18:00 hs). Además, se midió la tasa de bocado durante la primera sesión de pastoreo en la mañana y luego por la tarde, la cual consistió en observar la cantidad de bocados de prehensión realizados durante el periodo de un minuto, registrándose dos repeticiones por animal.

Para el registro de las actividades de comportamiento se tomaron dos animales elegidos al azar por parcela, utilizando los mismos en ambas semanas de control. Se realizó durante los días 2 y 6 de la semana 5 y durante los días 4 y 6 de la semana 9 del periodo experimental. Durante las semanas 5 y 9 (caracterización

del comportamiento ingestivo), la estimación de consumo de forraje fue diaria.

3.8 Variables calculadas

3.8.1 Ganancia media diaria

La ganancia media diaria para cada animal, promedio para todo el período experimental, fue estimada a partir de la pendiente de la regresión lineal de los registros individuales de peso vivo en el tiempo.

3.8.2 Eficiencia de conversión del suplemento

La eficiencia de conversión de grano a carne fue calculada como la cantidad de grano consumida (kg) por unidad de peso vivo adicional (kg) observada en los animales suplementados con respecto a su correspondiente testigo sin suplementar manejados a la misma asignación de forraje.

3.8.3 Utilización del forraje

El porcentaje de utilización de forraje para cada tratamiento fue estimado a partir de los registros de disponibilidad y rechazo por parcela, tomando en cuenta la proporción del forraje desaparecido en relación al forraje disponible previo al pastoreo.

3.9 Análisis estadístico

El experimento fue analizado según un diseño en bloques completos al azar con un arreglo factorial de tratamientos, y considerando como unidad experimental a la parcela pastoreada por 4 cuatro terneros, utilizando el paquete estadístico SAS (1999) y de acuerdo con siguiente modelo general:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + AF_j + S_k + (AF \times S)_{jk} + b_1x_1 + e_{ijk}$$

Siendo:

Y_{ij} = peso vivo, ganancia diaria, comportamiento, consumo, etc.

μ = media general.

B_i = efecto del i -ésimo bloque ($i = 1, 2, 3$)

AF_j = efecto j -ésima asignación de forraje ($i = 2.5; 5,0$).

S_k = efecto k -ésimo nivel de suplementación con lupino ($j = 0, 1.0$)

b_1x_1 = coeficiente de regresión (b_1) asociado a la covariable PV inicial (x_1).

Los registros de peso vivo (PV) y de los asociados a las mediciones en la pastura fueron analizados como medidas repetidas en el tiempo, utilizando el procedimiento MIXED de SAS. El efecto de los tratamientos sobre la ganancia media diaria (GMD, coeficientes de regresión de las rectas ajustadas) fue estudiado mediante un modelo de heterogeneidad de pendientes del PV en función del tiempo. Para el análisis de las variables asociadas a la pastura y estimación del CMS se incluyó además en el modelo el efecto de la semana de medición y la respectivas interacciones con el tratamiento.

El efecto de los tratamientos sobre las variables describiendo el comportamiento ingestivo de los animales, fue estudiado a través de modelos lineales generalizados con medidas repetidas en el tiempo utilizando el procedimiento GLIMMIX de SAS, asumiendo que el número de veces que un animal realiza una actividad, en relación al total de veces observado, tuvo distribución binomial, y de acuerdo al modelo:

$$\ln(P/(1-P)) = \mu + \beta_i + \alpha_j + S_k + D_m + (\alpha S)_{jk} + (\alpha D)_{jm}$$

Donde,

P: probabilidad de ocurrencia de la actividad.

μ : media poblacional.

β_i : efecto relativo del i-ésimo bloque

α_j : efecto relativo del j-ésimo tratamiento (t=4).

S_k : efecto relativo de la semana en que se realizó la medición.

D_m : efecto relativo del día dentro de la semana, en que se realizó la medición.

$(\alpha S)_{jk}$: efecto relativo de la interacción entre el j-ésimo tratamiento y la k-ésima semana de medición.

$(\alpha D)_{jm}$: efecto relativo de la interacción entre el j-ésimo tratamiento y el m-ésimo día de medición.

Un efecto fue considerado significativo cuando la probabilidad de cometer error de tipo I fue menor a 5%. Las medidas de los tratamientos fueron comparadas usando el test de Tukey.

4 Resultados y discusión

4.1 Condiciones ambientales

En la tabla 6 se presentan la temperatura y las precipitaciones ocurridas durante el periodo experimental.

Tabla 6

Temperatura media y precipitaciones mensuales durante los meses de julio, agosto y setiembre (valores año 2020 y promedio histórico)

	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
Temp. media(°C)	10,4	14,6	14,4
Temp. media histórica(°C)	11,7±5,7	13,1±5,7	15,1±3,8
Precipitaciones (mm)	13,2	44,4	80,4
Precipitaciones medias histórica (mm)	69±13,9	108,4±13,9	103,5±13,9

Nota. Elaborado a partir de INUMET (2020).

La temperatura media registrada durante todo el experimento estuvo dentro de los rangos de la temperatura media histórica, por lo cual se puede decir que se trató de un año promedio.

Las precipitaciones acumuladas para el periodo representaron el 49% del promedio histórico.

4.2 Características de la pastura

En la tabla 7 se presenta el efecto de los diferentes tratamientos sobre las distintas variables que caracterizan a la pastura pre y post pastoreo, y su utilización.

Tabla 7

Efecto de la suplementación con lupino (S) y la asignación de forraje (AF) en terneros pastoreando raigrás Bill Max sobre las características de la pastura pre y post pastoreo.

	AF: 2,5%		AF: 5%		EE	Significancia		
	S:0 %	S:1%	S:0 %	S:1%		AF	S	AF×S
Biomasa pre-pastoreo (kg MS/ha)	3096 ^b	3131 ^b	3905 ^a	3536 ^a	101,92	**	ns	ns
Altura pastura pre-pastoreo, (cm)	21,5	21,1	24,4	22,4	0,47	**	*	ns
Rechazo (kgMS/ha)	1358 ^b	1356 ^b	1972 ^a	2056 ^a	34,43	**	ns	ns
Altura rechazo (cm)	7,0 ^c	7,3 ^c	11,0 ^b	12,0 ^a	0,22	**	**	+
Utilización (%)	54,0 ^a	54,7 ^a	46,8 ^b	38,4 ^c	1,73	**	*	*

Nota. Significancia de los efectos: ** P<0.01; * P<0.05; + <0.10, ns: P>0.10 EE: error estándar

4.2.1 Biomasa y altura del forraje ofrecido y del remanente

La disponibilidad y altura promedio de entrada fueron de $3417 \pm 429,4$ kg MS/ha y $22,4 \pm 1,5$ cm respectivamente. Maschio et al. (2020) reportan para este tipo de pastura y misma área experimental valores de composición química promedio (para primer y segundo pastoreo) de 16,7% MS, 13,47% PC, 23,06% Cenizas, 29,09 % FDA, y 2,53 Mcal/kg de MS de energía metabolizable.

La AF afectó significativamente a todas las variables relacionadas con la pastura; pastorear con una AF de 5% resultó en mayor disponibilidad y altura de la biomasa aérea al ingreso a las parcelas de pastoreo, así como mayor biomasa y altura del remanente. Asimismo, la suplementación resultó también en un aumento de la altura del forraje disponible y del remanente, no observándose efecto de la interacción (AF × SUPL, P>0.05) para ninguna de esta variable.

La biomasa y altura, tanto de la pastura pre pastoreo como del remanente, fueron dependientes de la semana de muestreo (interacción AF × SEM; P<0,01) resultando también significativa la interacción (AF ×SUPL × SEM; P<0,01). Ver anexos C; D; E y F.

Si bien la disponibilidad de biomasa aérea promedio a la entrada de la parcela fue menor (3114 kg MS/ha) cuando se pastoreó en baja asignación de forraje (tabla 6), ello no habría sido una limitante para el consumo en ninguna de las semanas durante el transcurso del experimento. A partir de los 2000 kg de MS/ha de forraje, el consumo no estaría limitado por la disponibilidad (Hodgson, 1990), sin embargo cuando la disponibilidad es muy baja, el peso del bocado se ve reducido, y los animales se ven obligados a aumentar el tiempo de pastoreo (Freer, 1981).

La altura de entrada de la pastura tampoco habría sido limitante durante el periodo del experimento, ya que fue superior al valor establecido por Morris et al. (1993), donde sugieren que por debajo de los 15 cm se limitaría el consumo. Sin embargo son inferiores a las reportadas por Nabinger y Carvalho (2009) donde sugieren alturas de manejo de 25 cm en pasturas raigrás + avena para potenciar la producción primaria y/o secundaria, mientras que en el presente trabajo la altura mínima de ingreso registrada fue 21,1 cm.

Al momento de definir un nuevo pastoreo sobre la parcela estos parámetros son de gran relevancia ya que condicionan el rebrote de las pasturas definiendo si hay o no afectación del meristema apical, del área foliar remanente con eficiencia fotosintética activa y el nivel de carbohidratos (Cangiano, 1997).

En cuanto a la biomasa pos pastoreo, la superioridad de los animales pastoreando a AF 5% (2013,7 kg MS/ha) con respecto a AF 2.5 % (1357,0 kg MS/ha) es esperable, ya que en esta variable es donde el efecto de la presión de pastoreo se manifiesta en mayor medida. Los animales pastoreando a mayores presiones de pastoreo, presentaron menor biomasa de rechazo, tal como lo afirman Poppi et al. (1987) y Hodgson (1990), realizando un mayor aprovechamiento de la pastura, mientras que animales pastoreando a bajas presiones de pastoreo, mejor es la calidad del forraje consumido, por lo cual es probable que asignaciones de forraje que presenten mayor rechazo, hayan seleccionado una dieta de mejor calidad (Bianchi, 1982).

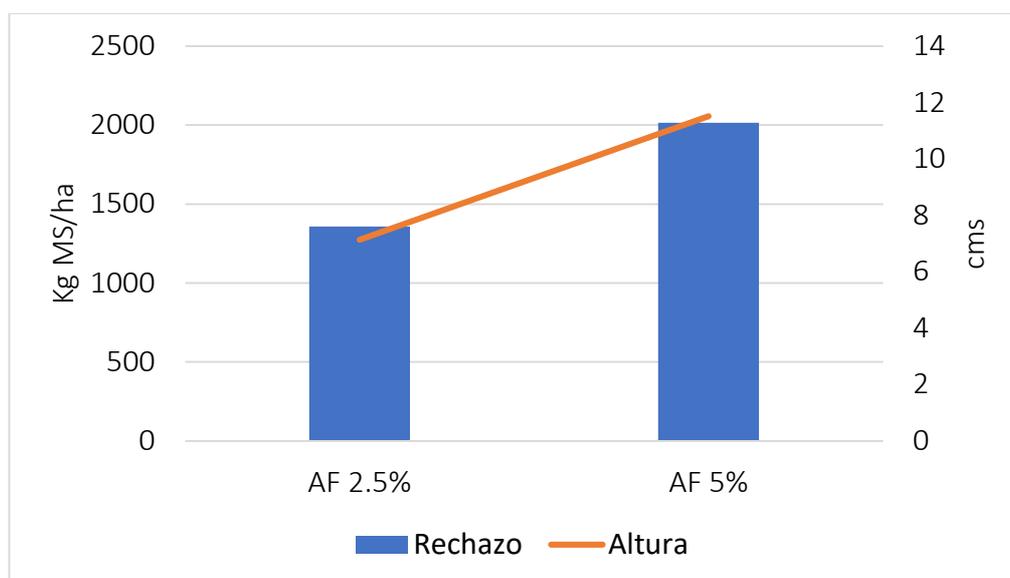
Los resultados de biomasa de rechazo en función de la AF (Figura 2) concuerdan con los presentados por Maschio et al. (2020) trabajando con novillos pastoreando Raigrás cv Bill Max donde el forraje residual fue mayor en altas AF

(1736 kg Ms/ha, AF 5%) comparado a bajas asignaciones (1356 kg MS/ha, AF 2.5%).

Por otro lado, en cuanto a la altura del forraje rechazado, si bien los animales pastoreando a mayor intensidad de pastoreo dejaron un remanente de menor altura (AF 2.5%; 7,1 cm) con respecto a los animales pastoreando a menor intensidad de pastoreo (AF 5%; 11,5 cm), esta variable no habría sido una limitante para el crecimiento de la pastura. Según Zanoniani et al. (2000), la altura remanente al retirar el ganado no debe ser inferior a 5 cm dada la dependencia en las pasturas al área foliar remanente para su próximo rebrote debido a que tienen escasa capacidad de acumular reservas.

Figura 2

Efecto de la asignación de forraje (AF, kg/100 kg de Peso vivo) sobre el forraje rechazado (kg MS) y la altura (cm) de una pastura de raigrás cv Bill Max pastoreada por terneros Hereford desde el 15/07/2020 al 15/09/20



4.2.2 Utilización del forraje

La utilización del forraje fue significativamente mayor a baja AF, siendo la respuesta a la suplementación dependiente de la intensidad de pastoreo (AF×S; P=0,0108; Tabla 7). La suplementación no afectó la utilización cuando los animales pastorearon con una AF de 2.5% (54.0% vs 57.7%, P>0.10), mientras que cuando lo hicieron con una AF de 5%, el suministro de suplemento redujo significativamente la utilización un 18% (46.8% vs 38.4%, P<0.05). Estos

resultados son los esperados según Hodgson (1990) y Risso et al. (1997) donde afirman que a mayor presión de pastoreo, mayor es la utilización del forraje, mientras que la suplementación disminuye la utilización cuando la oferta de forraje no es limitante debido a una mayor sustitución de forraje por concentrado (Carriquiry et al., 2002; Bartaburu et al., 2003).

Estos resultados son consistentes con lo planteado por Hodgson (1990) quien reporta que para una asignación de forraje del 5%, la eficiencia de utilización no supera el 50%; en la misma línea, Elizalde (2003) reporta que sobre pasturas de alta calidad no se puede esperar utilidades mayores al 45%, considerando que en este trabajo la máxima utilización se obtuvo en el tratamiento al 5% sin suplementar, siendo esta de 46,8%.

4.3 Consumo de forraje y suplemento

El consumo diario de MS de forraje y suplemento, así como el consumo total de MS, expresados en kg cada 100 kg de PV y kg/animal, se puede observar en la tabla 8.

Tabla 8

Efecto de la suplementación con lupino (S) y de la asignación de forraje (AF) sobre el consumo de forraje, suplemento y consumo total (en kg de MS y en % del Peso Vivo)

	AF : 2,5 %		AF : 5 %		EE	Significancia		
	S: 0%	S: 1%	S: 0%	S: 1%		AF	S	AF×S
Consumo (kg MS/100 kg PV)								
Forraje	1,44 ^c	1,38 ^c	2,59 ^a	2,24 ^b	0,07	**	*	+
Suplemento	-	0,97 ^a	-	0,99 ^a	0,01	**	-	ns
Total	1,44 ^c	2,35 ^b	2,59 ^b	3,23 ^a	0,07	**	**	ns
Consumo (kg MS/día)								
Forraje	2,97 ^b	3,0 ^b	5,28 ^a	5,02 ^a	0,21	**	ns	ns
Suplemento	-	2,13 ^a	-	2,19 ^a	0,03	**	-	ns
Total	2,97 ^c	5,13 ^b	5,28 ^b	7,21 ^a	0,25	**	**	ns

Nota. ns= P>0.10; *= P<0.05; **= P<0.01; a, b: medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente.

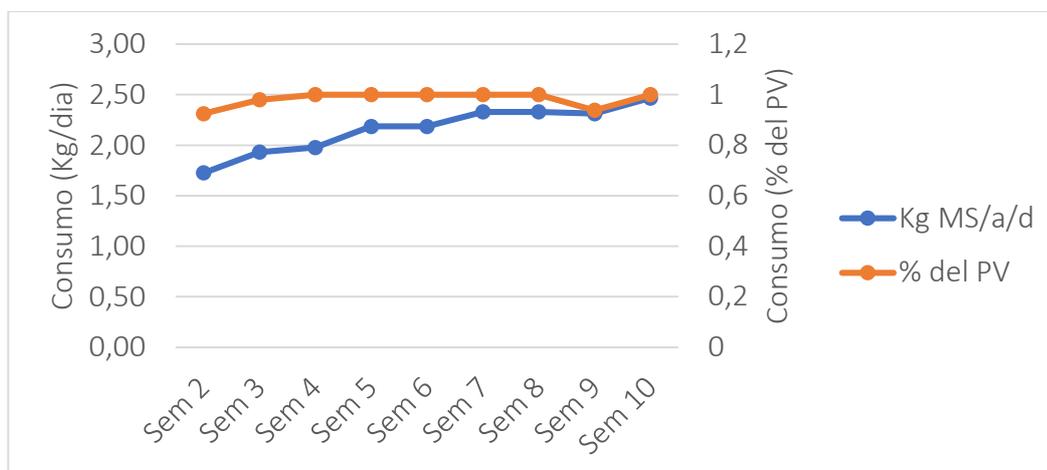
No se encontró un efecto de la interacción entre asignación de forraje y suplementación en el consumo de MS total, expresado en kg de MS o como % del PV. El CMS total (%PV) aumentó con la AF (1.9 vs 2.9 % PV, $P < .0001$) y con la suplementación (2.02 vs 2.79 %PV, $P < .0001$).

4.3.1 Consumo de suplemento

El consumo diario de suplemento (CMSS) expresado como % del PV o en kg MS no presentó diferencias significativas debidas a la intensidad de pastoreo ($P > 0.10$), llegando a consumir el 0,97 y 0,99% del PV en los tratamientos al 2,5% y 5% de AF, respectivamente. Se registró un efecto significativo de la semana (CMSS, kg $P < .0001$; CMSS, % de PV, $P = 0.0260$, Figura 3) independientemente de la asignación de forraje ($P > 0.10$).

Figura 3

Evolución semanal del consumo de lupino ofrecido a razón del 1% del peso vivo a terneros pastoreando raigrás.



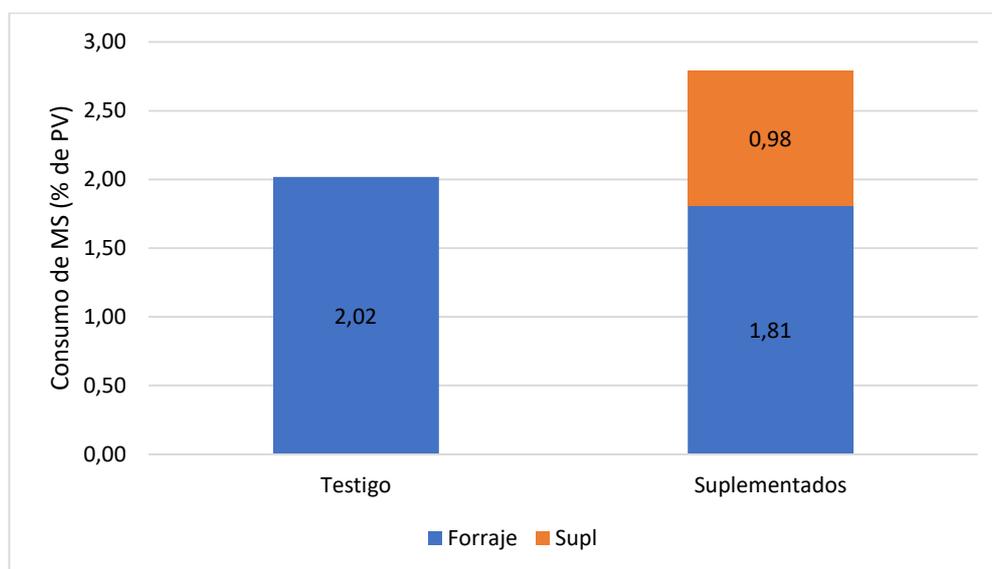
Durante las semanas iniciales del experimento (semana 1 y 2) se registraron consumos de MS por debajo del ofrecido (en % del PV), pudiendo estar explicado al estrés provocado en los animales debido a la falta de acostumbramiento al pastoreo en parcelas, lo que tuvo incidencia en el consumo de suplemento.

Durante el resto del periodo experimental los animales lograron consumir la totalidad del alimento suministrado a excepción de la semana 9 donde se dio una baja en el consumo, debido a condiciones climáticas adversas (elevadas precipitaciones). Similares valores fueron los reportados por Bergós y Errandonea (2020), quienes suplementaron con lupino a terneros pastoreando Avena con una

AF 5% registrando valores de consumo de suplemento de 0,97% del PV, valores superiores al de otros granos como DDGS y Sorgo

Figura 4

Contribución relativa del CMS de forraje y suplemento al consumo total de MS en terneros pastoreando raigrás Bill Max expresado en kg de MS/100 kg de PV.



El incorporar la suplementación con concentrado a la dieta base de pastura tuvo un efecto de adición con sustitución, se mostró una tendencia ($P=0,09$) a ser mayor la reducción del consumo de forraje (CMSF %PV) en aquellos animales pastoreando a mayores asignaciones de forraje (AF 5%, tabla 8), no obstante, el consumo diario de MS se incrementó y por ende el consumo de energía metabolizable y proteína cruda, afectados por la diferencia en consumo (relativo a la proporción de forraje y suplemento) de cada dieta tomando en cuenta la concentración de nutrientes de cada alimento (Bergós & Errandonea, 2020; D'Ambrosio et al., 2021; Maschio et al., 2020).

En los animales testigo, la composición de la dieta fue en su totalidad forraje, mientras que en los suplementados la proporción de forraje fue de un 65% y el restante 35% suplemento (figura 4). El consumo de suplemento le permite a los animales aumentar el consumo total de nutrientes y por lo tanto obtener mayores ganancias (Orcasberro, 1997).

El grano de lupino australiano se caracteriza por su elevado aporte de energía y proteína (33,22 % de PC, 5,74 % de EE, 3,0 Mcal/kg de EM; Bergós &

Errandonea, 2020) superior a la reportada para la pastura de Raigrás utilizada en el experimento (13,47 % PC, 2,53 Mcal/kg de EM y 16,7 % de MS; Maschio et al., 2020).

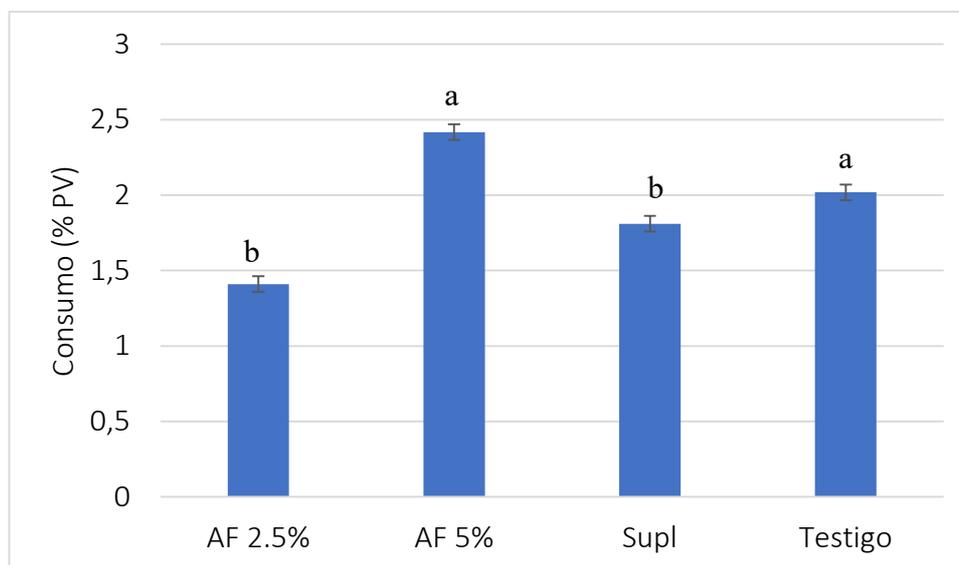
D'Ambrosio et al. (2021) utilizaron *Lupinus Angustifolius* como suplemento, el cual presentó la siguiente composición química, 26,34 % PC, 3,95 % EE. Es importante mencionar que el grano de lupino fue el mismo utilizado en este experimento.

4.3.2 Consumo de forraje

El consumo de forraje expresado en kg/día o % del PV fue afectado significativamente por la asignación de forraje ($P < 0.01$) y por la suplementación ($P = 0,0251$), observándose una tendencia para la interacción entre tratamiento ($P = 0,09$; expresado en kg de MS cada 100 kg de PV). Este efecto fue además dependiente de la semana (AF x SEM, $P < 0.001$). (Ver anexo G)

Figura 5

Efecto de la asignación de forraje (AF, 2,5% vs. 5%) y de la suplementación con lupino (Supl vs Testigo) sobre el consumo de forraje (kg cada 100 kg de PV) en terneros pastoreando raigrás Bill Max durante el invierno.



Nota. a, b: medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente dentro de cada efecto principal.

Promedialmente los animales que pastorearon en AF 5% tuvieron un

consumo de forraje 71% mayor que los de AF 2,5% (2,4 vs 1,4% PV; figura 5).

A su vez, este efecto estuvo mediado por el manejo de la suplementación, el consumo de forraje en los animales sin suplementación fue un 12% mayor que en los animales suplementados, (2,02 vs 1,81 %PV).

No obstante, la tendencia observada en el efecto de la interacción $T \times \text{SUPL}$ ($P=0,09$) sobre el consumo de forraje (kg de MS/ 100 kg de PV) muestra que el incremento en el consumo de MS de forraje al pasar de 2.5% a 5% de AF tendió a ser mayor en los animales no suplementados con respecto a los suplementados (80% vs 62%) (ver tabla 8).

La suplementación tendió a afectar el consumo de forraje en diferente magnitud según la asignación de forraje en la cual estaban pastoreando, bajo la AF 2,5% el consumo de MS no se vio afectado estadísticamente por la suplementación, mientras que en condiciones de mayor asignación (AF 5%) el consumo de forraje se vio deprimido un 13%.

La respuesta positiva de incremento de consumo de forraje al aumentar la AF coincide con la reportada por Berasain et al. (2002), aunque de menor magnitud (34%), para novillos de sobreaño pastoreando sobre verdeos y pradera en dos AF al 2,5% y 5% de AF. En cuanto al efecto de la suplementación, los valores reportados no coinciden con dicho experimento ya que encontraron un efecto de la interacción AF por Supl el cual evidenciaba diferencias en la magnitud del cambio en el consumo de forraje dependiendo de la AF, el consumo de forraje bajo la AF 2,5% se vio deprimido un 15%, mientras que a mayores asignaciones (AF 5%) el consumo de forraje disminuyó un 24%.

4.3.3 Consumo total de materia seca

El consumo de MS total expresado tanto en porcentaje del PV como en kg/a/día fue afectado significativamente por la AF ($P=<.0001$) y por la SUPL ($P=<.0001$), no observándose efecto de la interacción AF \times SUPL ($P>0.10$). Sin embargo, estos efectos fueron dependientes de la semana (AF \times Sem $P=<.0001$). Ver anexo I.

En la tabla 8 se aprecia el efecto principal de la AF sobre el consumo de materia seca, tanto en % del PV como en kg/a/día. Los animales pastoreando a alta

asignación (AF 5%) consumieron significativamente más que aquellos a bajas asignaciones (AF 2.5%) y los suplementados presentaron mayor CMS total que los no suplementados. Estadísticamente, el consumo de suplemento se adiciona al consumo de forraje, resultando el mayor consumo diario de MS en el tratamiento AF 5% con suplemento.

En términos numéricos y observando la tabla 8, según lo esperado, en los animales pastoreando a bajas asignaciones se observó una tasa de sustitución de 0% por lo cual se dio una adición del consumo de suplemento al consumo de forraje, mejorando el consumo total de PM y EM (ver anexo G).

Sin embargo, cuando los animales estuvieron pastoreando a altas asignaciones, el hecho de suplementar redujo el consumo de forraje, se observó una tasa de sustitución de 0,12 kg de forraje por kg de suplemento consumido, sin embargo, el consumo total de MS aumentó un 37%, donde el forraje representó el 70% de la dieta total en kg de MS.

Los valores de sustitución de forraje al suplementar no concuerdan con los reportados por Tyler y Wilkinson, como se cita en Elizalde (2003), donde afirman que en pasturas de alta calidad como lo es en el caso del raigrás, los valores de sustitución promedios varían entre 0,5 y 1 kg de forraje sustituido por cada kg de suplemento consumido. En la misma línea, Pordomingo (2003) señala que con una suplementación superior al 0,5% del PV animal, es muy probable que se dé un efecto de sustitución, por lo que se esperaría una disminución en el consumo de forraje de los suplementados frente al testigo.

Estos valores de sustitución de forraje por kg de suplemento se consideran óptimos para tener un buen resultado económico (Contexto ganadero, 2018).

Por otro lado, el efecto de adición del forraje puede ocurrir cuando el animal obtiene de la pastura una escasa cantidad de forraje y al no poder completar su capacidad de ingestión, si se le suministra una pequeña cantidad de suplemento, los nutrientes de este se le suman a los que fueron provistos por la pastura (Vernet, 2016).

4.4 Ganancia de peso y eficiencia de conversión

La asignación de forraje no tuvo efecto sobre la GMD ($P=0,1914$), mientras

que la suplementación sí tuvo un efecto significativo sobre la GMD ($P=0,0001$) independientemente de la asignación de forraje a la cual estaban pastoreando ($P=0,7111$). (Tabla 9).

Tabla 9

Efecto de la suplementación con lupino (S) y de la asignación de forraje (AF) sobre el crecimiento del ternero, respuesta a la suplementación y eficiencia de conversión del suplemento.

	AF: 2,5%		AF: 5%		EE	Significancia		
	S: 0%	S: 1%	S: 0%	S: 1%		AF	S	AF×S
Peso inicial, kg	192,0	187,3	189,7	188,3	1,52	ns	ns	ns
Peso final, kg	223 ^b	263,7 ^a	226,3 ^b	269 ^a	2,27	ns	*	ns
GMD (kg/día)	0,42 ^b	1,05 ^a	0,49 ^b	1,15 ^a	0,073	ns	**	ns
Resp. Supl. (kg/día) ¹	-	0,63	-	0,64	0,029	ns	--	--
ECS ²	-	3,38	-	3,42	0,113	ns	--	--

*Nota.*¹Respuesta a la suplementación, corresponde a la diferencia entre la ganancia de peso en el tratamiento suplementado y el control ²Eficiencia de conversión del suplemento; ECS= consumo de suplemento por kilogramo de respuesta a la suplementación. Significancia de los efectos: ** $P<0,01$, * $P<0,05$. a, b: medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente.

El peso vivo inicial no mostró diferencias significativas entre tratamientos. La GMD de los animales pastoreando a bajas asignaciones de forraje, sin suplementación fue superior a las reportadas por diversos autores con asignaciones similares pastoreando en verdes de invierno. En un ensayo realizado por Algorta et al. (2015) con terneros pastoreando sobre Avena Bizantina a una asignación de forraje del 2,5% obtuvieron una ganancia diaria de 0,225 kg/día.

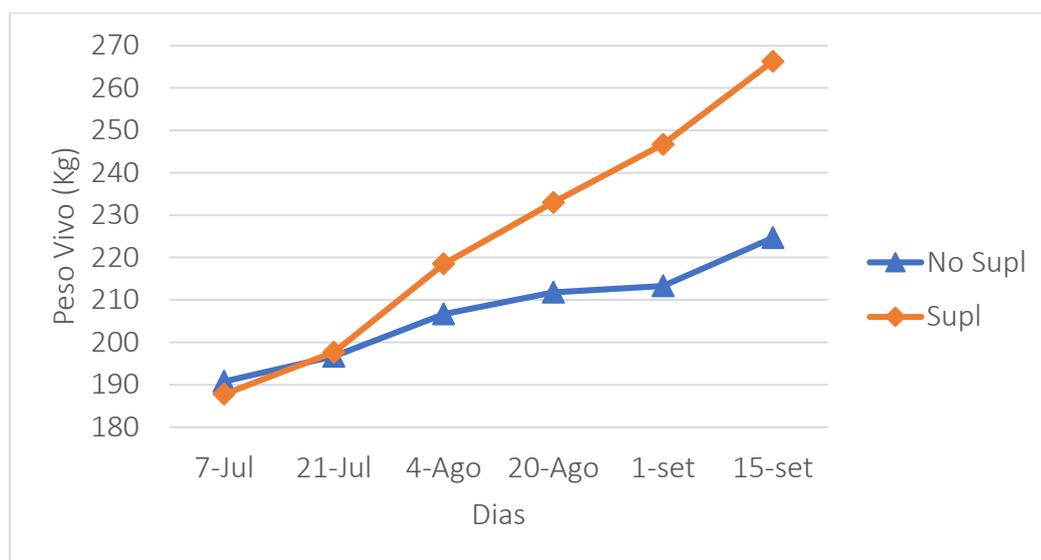
Una de las explicaciones de las ganancias mayores a la esperada en los animales pastoreando al 2.5% AF podría estar relacionada al valor nutritivo de la pastura.

La GMD de los terneros pastoreando a AF 5%, sin suplementar estuvo dentro de lo esperado en base a antecedentes para esta categoría (0,521 kg/día; Algorta et al., 2015; 0,520 kg/día; Bergós & Errandonea, 2020).

En la figura 6 se puede ver la evolución del peso vivo de animales suplementados vs no suplementados durante todo el periodo experimental.

Figura 6

Evolución del peso vivo de animales suplementados vs testigo durante el periodo experimental.



La suplementación mejoró la GMD con relación al testigo (1.1 vs 0.46 kg/d, respectivamente, $P < 0,001$), confirmando una de las hipótesis del trabajo. Sin embargo, contrariamente a lo hipotetizado, la respuesta a la suplementación fue independiente de la intensidad de pastoreo (tabla 9), ya que no se registraron diferencias en GMD al aumentar la AF a la cual estaban pastoreando, donde la respuesta está asociada a bajos niveles de sustitución de forraje por suplemento. Este valor es mejor que el observado por Bergós y Errandonea (2020), en la misma estación del año en terneros pastoreando avena con una AF de 5%, para esta categoría obtuvieron respuestas a la suplementación que varían entre 350 y 430 gramos adicionales/cabeza/día utilizando fuentes energético-proteicas como DDGS y Lupino.

Esta superioridad en la ganancia de peso puede estar explicada por un mayor consumo de MS y de EM de los animales suplementados respecto a los no suplementados (figura 4). Esto podría estar dado a la corrección del desbalance nutricional que presentan las pasturas otoñales debido a la baja relación energía-proteína dada en el rumen, aumentando la eficiencia en la síntesis de proteína microbiana (Pordomingo, 2003).

La eficiencia de conversión representa la cantidad de suplemento consumido por cada kg adicional de peso vivo ganado respecto a los animales no suplementados. En este experimento la EC fue de 3-4:1, estos valores representan una mejora con respecto al reportado por Beretta et al. (2019) sobre una pastura base de Avena (4,7:1) y al experimento observado por Bergós y Errandonea (2020) sobre una pastura de Avena, pastoreando a una AF de 5%, donde reportan una EC de 4,9:1 utilizando grano de Lupino, con la misma categoría animal.

4.5 Comportamiento animal

Con respecto al comportamiento ingestivo del animal en condiciones de pastoreo se pueden establecer restricciones al consumo de forraje, afectado en buena parte por la característica de la pastura como disponibilidad y altura (Forbes & Coleman, 1993). La interacción entre el animal y la pastura es un proceso dinámico cuando se da en condiciones de pastoreo por lo tanto dada la disponibilidad de forraje el animal adapta su comportamiento ingestivo, variando los tiempos de las actividades en pastoreo para cumplir con su requerimiento (Elizondo et al., 2003).

En la tabla 10 se presenta el efecto de la intensidad de pastoreo y la suplementación sobre la actividad de pastoreo, rumia y descanso durante periodo de horas luz, así como la tasa de bocado observada.

Tabla 10

Efecto de la asignación de forraje (AF) y la suplementación con grano de lupino (S) sobre el comportamiento de terneros pastoreando raigrás (probabilidad de hallar un animal pastoreando, rumiando o descansando), y tasa de bocado (bocados/ minuto).

	AF: 2.5%		AF: 5%		Significancia		
	S: 0%	S: 1%	S: 0%	S: 1%	AF	S	AF x S
Pastoreo	0,402 ^{ab}	0,378 ^b	0,429 ^a	0,382 ^b	+	**	ns
Rumia	0,246 ^a	0,217 ^a	0,23 ^a	0,149 ^b	**	**	**
Descanso	0,314 ^b	0,326 ^b	0,312 ^b	0,372 ^a	+	**	+
Tasa de bocado	36,7 ^b	37,2 ^b	43 ^a	43 ^a	**	+	+

Nota. ns= probabilidad>0.05; *= P<0.05; **= P<0.01; a, b: medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente.

La suplementación redujo de forma significativa la actividad de pastoreo (búsqueda + efectivo, $P=0.0003$), además se encontró una tendencia a ser afectado por el manejo del pastoreo ($P=0.0689$). Adams (1985) reporta que la suplementación con grano disminuye el tiempo de pastoreo, debido a que los animales tienen un aporte extra de energía llegando a cubrir antes sus requerimientos.

La actividad de rumia se vio reducida por la suplementación ($P= <.0001$) solo cuando se pastoreó con alta asignación, interacción $AF \times S$ ($P=0.0006$). Según Pereyra y Leiras (1991), la rumia depende de la calidad del alimento, determinando que a mayor calidad menor es el tiempo de rumia. Una mayor selección pastoreando a alta AF podría explicar la respuesta observada. Los datos no coinciden con lo reportado por Berasain et al. (2002) donde la suplementación afectó significativamente el tiempo de rumia, siendo menor en el tratamiento testigo.

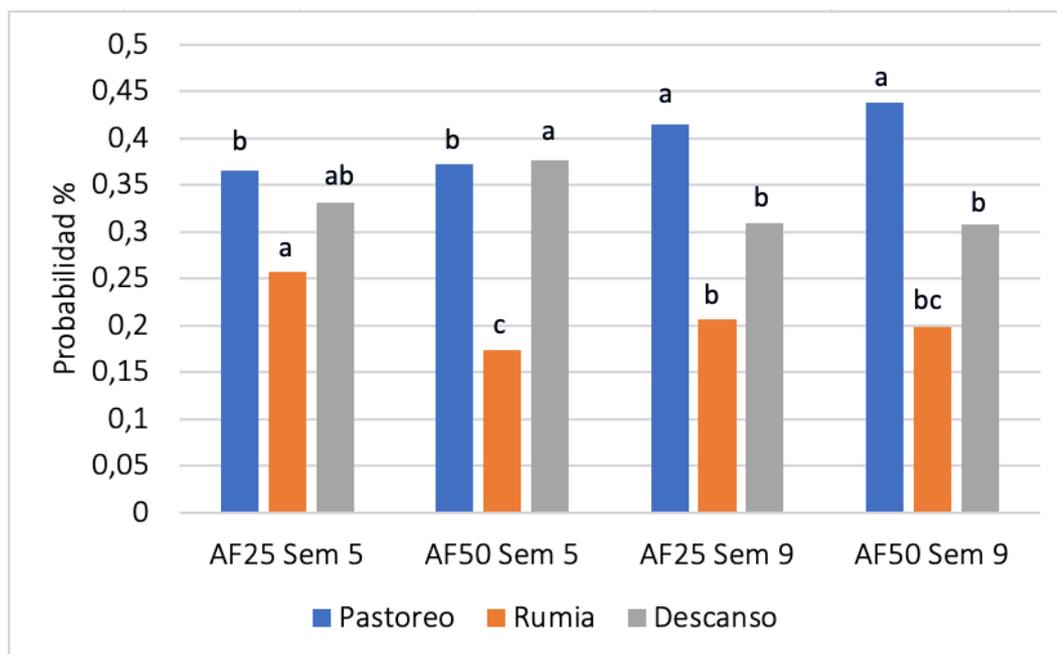
El descanso solo aumentó cuando se pastoreó en alta asignación (5%) aumentó con el efecto de la suplementación ($P=0.0048$). Estos datos coinciden con lo reportado por Berasain et al. (2002) y Garcia et al. (2008) en donde es esperable que el tiempo dedicado a la actividad de descanso sea mayor para los tratamientos suplementados, ya que los mismos sustituyen tiempo de pastoreo por tiempo de descanso.

En cuanto a la tasa de bocado promedio (medida en bocados por minuto), fue afectada por la asignación de forraje ($P=<.0001$), no encontrándose efecto de la suplementación ($P=0.6827$). El promedio de bocados por minuto resultó de 43 para la AF de 2.5% y de 37 para la AF de 5%, ver anexo B.

El promedio de ambas AF fue de 40 bocados/min, mismos valores son reportados por Elizondo et al. (2003). Similares resultados son presentados por Garcia et al. (2008) donde a AF de 2% y 4% en base a pasturas de raigrás obtuvieron un promedio de 37 bocados/min.

Figura 7

Efecto de la semana sobre la probabilidad de ocurrencia de actividad de pastoreo, rumia y descanso según AF (AF, kg/100 kg de Peso vivo)



Nota. a, b: medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente.

Cuando se compara la actividad de pastoreo (figura 7), se encontraron diferencias significativas entre semana de pastoreo ($P < .0001$) y una tendencia con la AF ($P = 0.0689$). Cabe aclarar que Semana 5 corresponde al primer pastoreo de la pastura, mientras que Semana 9 se corresponde con el segundo pastoreo.

En la semana 9 aumenta la actividad de pastoreo independientemente de la AF, probablemente asociado a que en el segundo pastoreo la disponibilidad de la pastura fue menor. Según Poppi et al. (1987) y Hodgson (1990), una disminución en la disponibilidad y la altura de la pastura, provocaría un menor peso de bocado, compensándolo con un aumento en el tiempo de pastoreo.

En cuanto a la rumia, fue afectado por la AF ($P = < .0001$), no encontrándose diferencias significativas entre las semanas de pastoreo ($P = 0,2106$). A menor AF mayor fue la actividad de rumia. Según Pereyra y Leiras (1991), la rumia depende de la calidad del alimento, a mayor calidad menor tiempo de rumia por lo cual esto estaría explicado por una menor calidad del forraje en bajas AF a medida que disminuye la disponibilidad y aumenta el contenido de tallos con respecto a altas AF.

Cuando se analiza la actividad de descanso, se encontraron diferencias significativas entre ambas semanas de pastoreo ($P=0.0010$), no encontrándose diferencias entre AF ($P=0.0727$). Durante la primera semana de pastoreo (Semana 5) fue mayor la actividad de descanso. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Eirin (2013) quien concluyo que a medida que se aumenta el tiempo de pastoreo, se incrementa el tiempo de descanso.

4.6 Discusión General

La respuesta observada en ganancia media diaria (tabla 9) confirma la hipótesis planteada la cual indicaba que en animales pastoreando raigrás Bill Max existe una respuesta en ganancia diaria al suplementar, sin embargo se rechaza la hipótesis de que su magnitud depende de la asignación de forraje a la cual estén pastoreando, se encontró respuesta a la suplementación, no así cambios en la magnitud de la respuesta y la eficiencia del uso de grano de lupino debido a la asignación de forraje, al menos en el rango evaluado 2.5% AF vs 5% AF. Por lo tanto, se puede concluir que no se encontró interacción entre asignaciones de forraje y suplementación.

Contrariamente a lo esperado, no se encontraron diferencias significativas al aumentar la asignación de forraje, a su vez los datos obtenidos no concuerdan con lo expresado por Poppi et al. (2018), quienes sostienen que hay una respuesta lineal en la ganancia de peso frente a aumentos en el consumo de materia seca. Al aumentar la AF el consumo de forraje se incrementó un 80 % (CMSF % PV, tabla 8) sin embargo en la GMD no se encontraron diferencias significativas.

Los animales que solo consumieron forraje obtuvieron una GMD de 0,46 kg/día. Esta ganancia fue consistente con lo documentado en múltiples trabajos para estos tipos de animales bajo pastoreo de verdes con una AF de 5% (Beretta et al., 2008, 2016, 2018). Con respecto a los animales pastoreando a bajas AF (AF 2,5 %), la GMD fue de 0,42 kg/día, valores superiores a los esperados según antecedentes sobre verdes (Algorta et al., 2015; 0,250 kg/día). Sin embargo, Maschio et al. (2020) en un experimento con novillos pastoreando Raigrás Bill Max a diferentes AF encontraron que aun pastoreando a bajas asignaciones (AF 2,5%) la respuesta a la ganancia diaria individual fue elevada (AF 2,5% GMD 1,11 kg/d vs AF 5% GMD 1,34 kg/d), denotando el potencial de estas pasturas.

Por otro lado, los altos niveles de consumo (AF 5%) pudieron ser causante de una mayor tasa de pasaje del alimento, afectando la digestibilidad, lo cual según Firkins et al., como se cita en López et al. (2016), tiene una influencia negativa sobre la eficiencia de utilización de la energía por parte del animal, que se debe al menor tiempo en que el alimento está sometido a la actividad de los microorganismos en el rumen y las enzimas digestivas en el tracto digestivo.

La suplementación aumentó en 0,66 kg/d la GMD con respecto a los no suplementados, independientemente de la asignación de forraje a la que estaban pastoreando, concordando con Pordomingo (2003) donde señala que el agregado de suplemento permitiría corregir el desbalance de energía-proteína que se da en el rumen además de aumentar el consumo total de MS y nutrientes, el agregado de Lupino ofrece un mayor aporte de EM y PC con respecto al forraje (figura 4). Además de su alto contenido de energía y proteína metabolizable tiene una alta degradabilidad en rumen, según Simeone y Beretta (2021), AFRC (1993), lo cual explicaría la performance animal en terneros con elevados requerimientos en EM y PM (Pigurina et al., 1997).

El agregado de grano no modificó el consumo de forraje a bajas asignaciones (AF 2.5%) mientras que a altas asignaciones (AF 5%) se encontró una tasa de sustitución de forraje por grano de 0,12 sin embargo se incrementó el consumo total de MS por lo que se dio un efecto de adición con sustitución. La baja tasa de sustitución de grano por forraje permitió obtener una elevada respuesta a la suplementación en relación a la GMD, lo que conlleva a obtener una eficiencia de conversión superior a los antecedentes en este tipo de pasturas, Beretta et al. (2019) sobre una pastura de avena obtuvieron una EC de 4.7:1; y respecto a lo esperado cuando se suplementa con cereales a baja oferta, según Simeone y Beretta (2004), obtuvieron una EC de 7:1.

Por otro lado, el agregado del grano de Lupino provocó un menor tiempo de pastoreo en los animales suplementados, a su vez esto trae como consecuencia una disminución en el consumo de forraje en los animales suplementados a altas asignaciones, esto coincide con lo reportado por Elizalde (2001) donde menciona que la suplementación sobre forrajes de calidad tiene un efecto de reducción del consumo de forraje.

El mismo comportamiento fue encontrado por Adams (1985), Barton et al. (1992), Berasain et al. (2002), quienes afirman que la suplementación con grano disminuye el tiempo de pastoreo, debido a que estos animales tienen un aporte extra de energía llegando a cubrir antes sus requerimientos

5. Conclusión

La suplementación con grano de lupino quebrado a razón de 1 kg de MS/100 kg de peso vivo a terneros pastoreando raigrás Bill Max mejora la ganancia promedio de terneros en torno a 143 %, reportando una eficiencia de conversión del suplemento de 3-4: 1. Estas respuestas serían independientes de la asignación de forraje a la cual pastorean los animales cuando esta varía en un rango entre 2.5 y 5.0 kg/100 kg de peso vivo.

6. Referencias bibliográficas

- Adams, D. (1985). Effect of time of supplementation on performance, forage intake and grazing behaviour of yearling beef steers grazing Russian wild ryegrass in the fall. *Journal of Animal Science*, 61(5), 1037-1042. <https://doi.org/10.2527/jas1985.6151037x>
- Agricultural Food and Research Council. (1993). *Energy and protein requirements of ruminants*. CAB International.
- Algorta, B., Irileguy, G., & López, I. (2015). *Evaluación de uso de comederos de autoconsumo para la suplementación invernal de terneros en condiciones de oferta* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Arroquy, J., Berruhet, F., Martínez Ferrer, J., Pasinato, A., & Brunetti, M. (2014). *Uso de subproductos del destilado de granos en bovinos para carne*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_5_jornada_nacional_de_forrajes_conservados_-_u.pdf
- Barbera, P., Maidana, C., Zapata, P., Ramírez, R., Ramírez, M., Fernández, J., Benítez, P., & Benítez, J. (2012). *Evaluación de cultivares de raigrás anual y avena: EEA Mercedes 2011*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha_tecnican51_feb2012_cultivares_de_raigras_y_aven.pdf
- Barrios, J. P., Da Silva, J. I., & Larrauri, L. (2019). *Estrategias de manejo del pastoreo y la suplementación de terneros sobre coberturas invernales* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Bartaburu, S., Cooper, P., Lanfranconi, M., & Olivera, L. (2003). *Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando pasturas de calidad en el período otoño - invernal* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.

- Barton, R., Krysl, L., Judkins, M., Holcombe, D., Broesder, J., Gunter, S., & Beam, S. (1992). Time of daily supplementation of steers grazing dormant intermediate Wheatgrass pasture. *Journal of Animal Science*, 70(2), 547-558.
- Berasain, S., Patrón, L., & Vidart, M. (2002). *Efecto de la suplementación energética con fuentes de diferente degradabilidad ruminal sobre el comportamiento ingestivo y consumo voluntario en novillos Hereford pastoreando en dos asignaciones de forraje en verdeo y pradera en estado vegetativo* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Beretta, V., & Simeone, A. (2008). Alimentando terneros de destete precoz. En *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Una década de investigación para una ganadería más eficiente* (pp. 16-19). UPIC.
- Beretta, V., Simeone, A., Barrios, J. P., Da Silva, J. I., & Larrauri, L. (2018). Avanzando en la recría de terneros a pasto: Buscando formas de utilizar los cultivos forrajeros anuales durante invierno en sistemas agrícola-ganaderos. En *20a Jornada Anual de Producción Intensiva de: 20 años de investigación para una ganadería más rentable* (pp. 29-41). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2018.pdf>
- Beretta, V., Simeone, A., Bergós, I., Errandonea, J., Garcia Pintos, J., Burjel, M.V., Casanova, D., & Zabalveytia, N. (2019). Uso de DDGS y lupino en la recría de terneros pastoreando verdeos de invierno ¿mejores o peores que el grano de sorgo? En *21a Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Un medio campo para ganar el partido de la rentabilidad* (pp. 45-53.). UPIC. <http://www.paysandu.tv/s/wp-content/uploads/2019/08/UPIC-21a-Jornada-agosto-de-2019.pdf>

- Beretta, V., Simeone, A., Carrocio, A., López, S., Orcasberro, M., & Vilaró, J. (2016). Pasando del corral al pasto en la categoría terneros: ¿Vale la pena hacer una dieta de transición? En *18° Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: A pasto y a corral, dos caminos con un mismo destino: la rentabilidad* (pp. 56-64). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2016.pdf>
- Beretta, V., Simeone, A., & Elizalde, J. C. (2008). Manejo de animales en engorde durante el verano. En *10ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Una década de investigación para una ganadería más eficiente* (pp. 29-31). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2008.pdf>
- Beretta, V., Simeone, A., Rowe, J., Nolan, J., & Elizalde, J. (2002). Degradability of forages in the rumen of cattle grazing lush Autumn pastures and supplemented with maize. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 24, 217-220.
- Beretta, V., Simeone, A., & Viera, G. (2010). Utilización de avena para pastoreo con terneras Hereford. *Agrociencia (Uruguay)*, 14(3), 201. <https://doi.org/10.31285/AGRO.14.878>
- Bergós, A., & Errandonea, J. (2020). *Alternativas de suplementación en terneras de recría pastoreando verdeos de invierno* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Bianchi, J. (1982). *Relación de distintos parámetros de la pastura con el consumo y ganancia de peso en novillos en pastoreo* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Borrajo, C. I., & Barbera, P. (2011). *Comportamiento, adaptación y variedades. Parte I: Pasos para la siembra y manejo de avena y raigrás*. INTA.

- Borrajo, C., Barbera, P., Bendersky, D., Pizzio, R., Ramírez, M., Maidana, C., Zapata, P., Ramírez, R., & Fernández, J. (2011). *Verdeos de invierno en Corrientes: manejo del pastoreo y producción de carne: EEA Mercedes 2011*. Sitio Argentino de Producción Animal.
https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/81-corrientes.pdf
- Brit, J. (2020, 29 de junio). *Estrategias de recría en el 1er Invierno suplementación sobre pasturas sembradas*. Agrifirm.
<https://www.agrifirm.uy/articulos-tecnicos/estrategias-de-recria-en-el-1er-invierno-suplementacion-sobre-pasturas-sembradas/>
- Cangiano, C. A. (1997). *Producción animal en pastoreo*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Caorsi, C., Mussio, G., & Nin, J. (2001). *Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido sobre la evolución de peso vivo de terneras y vaquillonas Hereford pastoreando avena* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Carámbula, M. (2007). *Verdeos de invierno*. Hemisferio Sur.
- Carriquiry, J., Normey, R., & Pardiñas, P. (2002). *Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando pasturas de calidad en el período otoño – invernal* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Caton, J. S., & Dhuyvetter, D. V. (1997). Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. *Journal of Animal Science*, 75(2), 533-542.
- Catrileo, A., & Rojas, C. (1995). Uso del lupino en producción animal. *Tierra Adentro*, (4), 48-49.
- Cepeda, M., Scaiewicz, A., & Villagrán, J. (2005). *Manejo de la frecuencia de suplementación en la recría de terneros sobre pasturas mejoradas* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.

- Chalupa, W. (1975). Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. *Journal of Dairy Science*, 58(8), 1198-1218.
- Combellas, J., & Hodgson, J. (1979). Herbage intake and milk production by grazing dairy cows: 1. The effect of variation in herbage mass and dairy herbage allowance in a short - term trial. *Grass and Forage Science*, 34(3), 209-214.
- Contexto ganadero. (2018, 1 de agosto). *¿Cuál es la tasa de sustitución ideal de forrajes por concentrado?*
<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/cual-es-la-tasa-de-sustitucion-ideal-de-forrajes-por-concentrado>
- Dalley, D. E., Roche, J. R., Grainger, C., & Moate, P. J. (1999). Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pasture at different herbage allowances in spring. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39(8), 923- 931.
- D'Ambrosio, B., Motta, M., & Peddeti, J. (2021). *Efecto de la suplementacion invernal con grano de lupino sobre la performance de terneros Hereford pastoreando campo natural* [Trabajo final de grado inédito]. Universidad de la República.
- Donaldson, R. S., McCann, M. A., Amos, H. E., & Hoveland, C. S. (1991). Protein and fiber digestion by steers grazing winter annuals and supplemented with ruminal escape protein. *Journal of Animal Science*, 69(7), 3067-3071.
- Eirin, M. A. (2013). *Efecto del momento de asignación diaria de la pastura y del ayuno sobre el comportamiento ingestivo y la productividad de vaquillonas de biotipo carnícano* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de La Plata.
- Elizalde, J. (2001). *Suplementación con grano en la producción de carne en pastoreo*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

- Elizalde, J. (2003). *Suplementación en condiciones de pastoreo*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/13-suplementacion_en_condiciones_de_pastoreo.pdf
- Elizalde, J. C., & Santini, F. J. (1992). *Factores nutricionales que limitan las ganancias de peso en bovinos durante el periodo otoño- invierno*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Elizalde, J. C., Santini, F. J., & Pasinato, A. M. (1996). The effect of stage of harvest on the process of digestion in cattle fed winter oat indoor: II. Nitrogen digestion and microbial protein synthesis. *Animal Feed Science and Technology*, 63(1-4), 245-255.
- Elizondo, L., Gil, A., & Rubio, L. (2003). *Efecto de la suplementación energética con fuentes de diferente degradabilidad ruminal sobre el consumo y comportamiento ingestivo de novillos Hereford pastoreando en dos asignaciones de forraje sobre una mezcla de avena y raigrás en estado vegetativo* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Escuder, C. (1996). Crecimiento de las pasturas cultivadas, algunos factores que lo afectan. En C. Cangiano, C. Escuder, J. Galli, P. Gómez, & O. Rosso (Eds), *Producción animal en pastoreo* (pp. 15-26). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2019). *Altramuz australiano*. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/altramuz-australiano
- Forbes, T. D., & Coleman, S. (1993). Forage intake and ingestive behaviour of cattle grazing old world bluestems. *Agronomy Journal*, 85(4), 808-816.
- Freer, M. (1981). The control of food intake by grazing animals. En F. H. W Morley (Ed.), *Grazing Animals* (pp. 339-346). Elsevier.

- Freer, M., & Dove, H. (1984). Rumen degradation of protein in sunflower meal, rapeseed meal and lupin seed placed in nylon bags. *Animal Feed Science and Technology*, 11(2), 87-101.
- García, G., García Pintos, L., & López, M. (2008). *Efecto de la suplementación energética sobre la performance de novillos manejados sobre una mezcla de raigrás perenne bajo cuatro presiones de pastoreo* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Haydock, K., & Shaw, N. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15(76), 663-670.
<http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000138.pdf>
- Hersom, M. J. (2008). Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in forage-fed ruminants. *Journal of Animal Science*, 86(14), 306-317.
- Hodgson, J. (1990). Grazing management: Science into practice. *Agricultural Systems*, 37(2), 219-220. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(91\)90006-V](https://doi.org/10.1016/0308-521X(91)90006-V)
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2016). *Lupino dulce y amargo producción en Chile*.
<https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6507>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2020). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras: anuales, bianuales y perennes periodo 2020*.
http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2020/PubForrajerasPeriodo2020.pdf
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2012). *Producción de forraje de avena, cebada forrajera, centeno, triticale y raigrás anual en el sudeste de Córdoba*.

- Instituto Uruguayo de Meteorología. (2020). *Tablas estadísticas*.
<https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
- Jamieson, W. S., & Hodgson, J. (1979). The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grassland Forage Science*, 34(4), 261-271.
- Kilkenny, J. (1978). Utilization of maize silage for beef production. En E. S. Bunting, B. F. Pain, R. H. Phipps, J. M. Wilkinson, & R. E. Gunn (Eds.), *Forage maize: Production and utilization* (pp. 239-262). Agricultural Research Council.
- Kloster, A. M., Latimori, N. L., Amigone, M. A., & Ballarino, M. V. (1995). *Suplementación de verdeos invernales*. INTA.
- Leaver, J. (1978). Utilization of maize silage by dairy herd replacement. En E. S. Bunting, B. F. Pain, R. H. Phipps, J. M. Wilkinson, & R. E. Gunn (Eds.), *Forage maize: Production and utilization* (pp. 297-322). Agricultural Research Council.
- López, R., Ressio, F., & Zapater, F. (2016). *Efecto del tiempo de acceso al forraje fresco sobre la digestibilidad, la tasa de pasaje y el flujo de proteína microbiana en vacas lecheras alimentadas con una ración totalmente mezclada* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Luzardo, S., Montossi, F., & Lagomarsino, X. (2012). Uso de la suplementación en recrias sobre campo natural. *Revista INIA*, (28), 8-12.
- Maschio, F., Soria, S., & Stabile F. (2020). *Producción animal sobre una pastura de raigrás (Lolium multiflorum cv. Bill max) pastoreada por novillos bajo diferentes ofertas de forraje* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Mendez, D., & Davies, P. (2001). El otoño y las bajas ganancias de peso. *Revista CREA*, (246), 54-59.

- Mendez, D., & Davies, P. (2004). *Herramientas para mejorar las ganancias de peso*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/39-herramientas_mejorar_ganancias_de_peso.pdf
- Mera, M. (Ed.). (2016). *Lupino dulce y amargo producción en Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6507/Bolet%203%20adn%20INIA%20N%20c2%b0%20326?sequence=1&isAllowed=y>
- Milton, C. T., Brandt, Jr., R.T., & Titgemeyer, E. C. (1997). Urea in dry-rolled corn diets: Finishing steer performance, nutrient digestion, and microbial protein production. *Journal of Animal Science*, 75(5), 1415-1424.
- Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. (2020, 10 de marzo). *Descripción de grupos de suelo C.O.N.E.A.T.* https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-03/Descripci%C3%B3n%20de%20Grupos%20de%20suelos%20CON_EAT_0.pdf
- Montes, E. (2017). Recría vacuna de machos: Relevamiento y difusión de mejoras. En E. Montes Narvondo, & H. Morales Grosskopf (Eds.), *Recría de novillos: El posible equilibrio entre negocio y productividad* (pp. 9-18). Plan Agropecuario. https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/22235_libro_recrias_de_machos.pdf
- Morris, S. T., Hirschberg, S. W., Michel, A., Parker, W. J., & Mc Cutcheon, S. N. (1993). Herbage intake and liveweight gain of bulls and steers continuously stocked at fixed sward heights during autumn and spring. *Grass and Forage Science*, 48(2), 109-117.

- Mott, G. O. (1960). Grazing pressure and measurements of pasture production. En *Proceedings of the Eighth International Grassland Congress: Held at the University of Reading, England, 11-21 July 1960* (pp. 606-611). Alden Press.
- Nabinger, C., & Carvalho, P. C. (2009). Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su Sustentabilidad. *Agrociencia (Uruguay)*, 13(3), 18-27.
- National Research Council. (1984). *Nutrient requirements of beef cattle*. National Academy of Science. <https://doi.org/10.17226/19398>
- National Research Council. (1988). *Nutrient requirements of dairy cattle* (6th. Rev. Ed.). National Academy Press.
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th. Rev. Ed.). National Academy Press.
- Noro, N., Vargas, V., Pulido, R. G., & Wittwer, F. (2006). Efecto del tipo de concentrado sobre indicadores sanguíneos del metabolismo de energía y de proteínas en vacas lecheras en pastoreo primaveral. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 38(3), 227-232.
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2006000300005
- Orcasberro, R. (1997). Suplementación y performance de ovinos y vacunos alimentados con forraje. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva* (pp. 225-232). INIA.
- Pasinato, A., & Sevilla, G. (2002). *Suplementación de rumiantes*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/31-suplementacion_de_rumiantes.pdf

- Pereyra, H., & Leiras, M. A. (1991). *Comportamiento bovino de alimentación, rumia y bebida*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/04-comportamiento_bovino_de_alimentacion_rumia_y_bebida.pdf
- Perrachón, J. (2010). Praderas y verdesos. En Facultad de Agronomía (Ed.), *Implantación y manejo de pasturas: Material de apoyo para el curso "manejo de pasturas"* (pp. 1-34). http://cnfr.org.uy/uploads/files/Manual_Pasturas.pdf
- Petterson, D. S. (2000). The use of Lupins in feeding systems. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(6), 861-882.
- Pigurina, G. (1997). Avances tecnológicos para la región basáltica: 3. Bovinos para carne. En INIA (Ed.), *Jornada unidad experimental "Glencoe"*. (pp. 1-6). <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/9630/1/SAD145cap3p1-6.pdf>
- Pigurina, G., Brito, G., Pittaluga, O., Scaglia, G., Risso, D., & Berreta, E. J. (1997). Suplementación de la recría en vacunos. En INIA (Ed.), *Jornada suplementación ovina y vacuna* (pp. 1-6). <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11898/1/sad12cap4p1-6.pdf>
- Poppi, D., Quigley, S., Correa, T., & McLennan, S. (2018). Challenges of beef cattle production from tropical pastures. *Revista Brasileira de Zootecnia*, (47), e20160419. <https://doi.org/10.1590/rbz4720160419>
- Poppi, D. P., Hughes, T. P., & L'Huillier, P. J. (1987). Intake of pasture by Grazing Ruminants. En A. Nicols (Ed), *Livestock feeding on pasture* (pp. 55-64). New Zealand Society of Animal Production.
- Pordomingo, A. (2003). *Suplementación con granos a bovinos en pastoreo*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/67-suplementacion_con_granos_en_pastoreo.pdf

- Quintans, G. (2002). Manejo de la recría vacuna en sistemas ganaderos. En INIA (Ed.), *Programa nacional ovinos y caprinos: Programa nacional bovinos para carne: Seminario de actualización técnica sobre cría y recría ovina y vacuna, Tacuarembó, 2002* (pp. 47-56).
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11619/1/sad288p47-55.pdf>
- Rearte, D. H., & Santini, F. J. (1989). Digestión ruminal y producción en animales en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 9, 93-105.
- Reinoso, V., & Soto, C. (2006). Cálculo y manejo en pastoreo controlado: I) Nivel de oferta forrajera y utilización de la pastura. *Veterinaria (Montevideo)*, 41(161-162), 9-14.
<https://www.revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/359>
- Reynolds, C. K., & Kristensen, N. B. (2008). Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. *Journal of Animal Science*, 86(14 Supp.), E293-305.
<https://doi.org/10.2527/jas.2007-0475>
- Risso, D., Ahunchain, M., Cibils, R. S., & Zarza, A. (1997). Suplementación en invernadas del litoral. En E. Restaino, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva Montevideo (Uruguay)* (pp. 51-65). INIA.
- Santini, F., & Rearte, D. (1997). Estrategia de alimentación en la invernada. En D. Vaz Martins (Ed.), *Suplementación estratégica para el engorde de ganado* (pp. 37-46). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2989/1/15630291007152242.pdf>
- Santini, F. J., Cocimano, M. R., Astibia, O. R., & Cangiano, C. A. (1984). Principios fisiológicos que afectan la producción de lana, carne y leche cuando se usan alimentos de alta o baja calidad. *Revista Argentina de Producción Animal*, 4(4), 385-397.

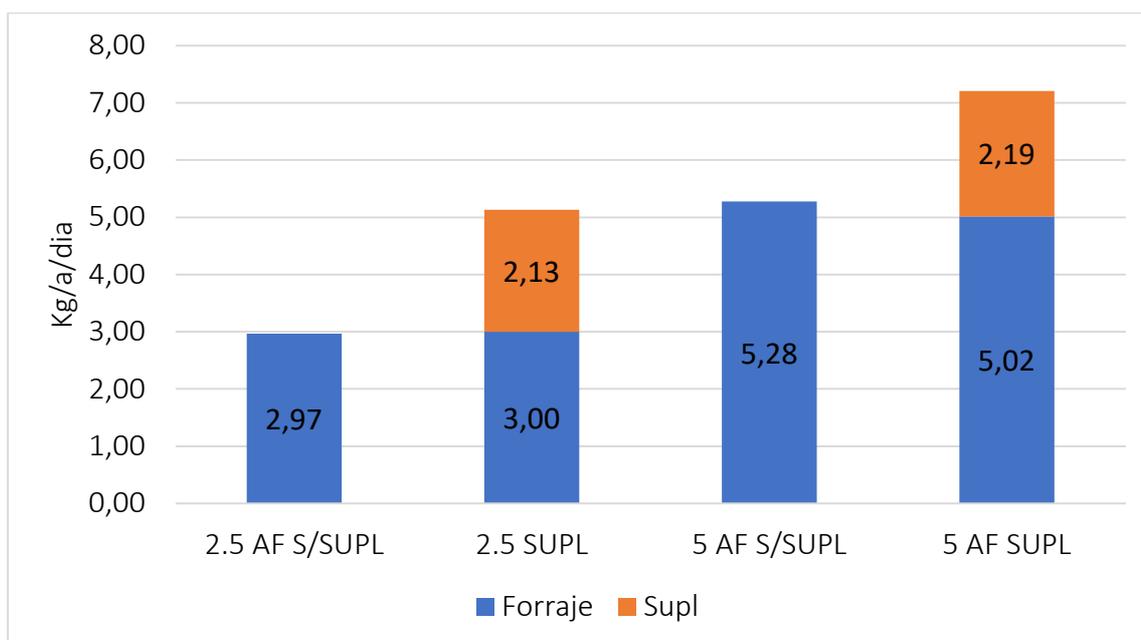
- Simeone, A., & Beretta, V. (2004). Uso de alimentos concentrados en sistemas ganaderos: ¿Es buen negocio suplementar al ganado? En *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Manejo nutricional en ganado de carne: Jueves 19 de agosto de 2004* (pp. 10-17). UPIC.
- Simeone, A., & Beretta, V. (2021). Caracterización del grano de lupino como alimento para el ganado de carne. En *22a Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Nuevos datos para una ganadería más eficiente* (pp. 28-33). UPIC.
<http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2021.pdf>
- Simeone, A., Beretta, V., Casanova, D., Zabalveytia, N., Burjel, V., Menéndez A., & Pinczak, F. (2020). Efecto de niveles crecientes de inclusión de grano de lupino en la suplementación de terneros de destete precoz. En *22a Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Nuevos datos para una ganadería más eficiente* (pp. 48-55). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2021.pdf>
- Simeone, A., Beretta, V., Rowe, J., Nolan, J., & Elizalde, J. C. (2002a). Getting cattle to grow faster on lush autumn pastures. *Animal Production in Australia*, 24, 213-216.
- Simeone, A., Beretta, V., Rowe, J. B., Nolan, J., & Elizalde J. C. (2002b). Degradability of forages in the rumen of cattle grazing lush autumn pastures and supplemented with maize. *Animal Production in Australia*, 24, 217-220.
- Ulyatt, M., McRae, J. C., Clarke, R. T. J., & Pearce, P. D. (1975). Quantitative digestion of fresh herbage by sheep IV Protein synthesis in the stomach. *Journal of Agricultural Science*, 84(3), 453-458.
- Ungar, E. D. (1996). Ingestive behavior. En J. Hodgson, & A. W. Illius (Eds.), *The ecology and management of grazing system* (pp. 185-218). CAB International.

- Ustarroz, E., & De León, M. (1999). *Utilización de pasturas y suplementación con granos en invernada*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/77-pasturas_y_suplementacion_en_invernada.pdf
- Van Vuuren, A. M., Tamminga, S., & Ketelae, R. S. (1990). Ruminant availability of nitrogen and carbohydrates from fresh and preserved garbage in dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 38(3b), 499-512.
- Van Vuuren, A. M., Van der Kolen, J., & Vroons-de Bruin, J. (1986). Influence of level and composition of concentrate supplements on rumen fermentation patterns of grazing dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 34(4), 457-467.
- Vernet, E. (2016). *Manual de consulta agropecuario*. Gráfica Guadalupe.
- Wales, W. J., Doyle, P. T., & Dellow, D. W. (1998). Dry matter intake and nutrient selection by lactating cows grazing irrigated pastures at different pasture allowances in summer and autumn. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38(5), 451-460.
- White, C., Hanbury, C., Young, P., Philips, N., Wiese, S., Milton, J., Davidson, R., Siddique, K., & Harris, D. (2002). The nutritional value of *Lathyrus cicera* and *Lupinus angustifolium* grain for sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 99(1-4), 45-64.
- Zanoniani, R., Ducamp, F., & Bruni, M. (2000). *Utilización de verdes de invierno en sistemas de producción animal*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdes_invierno/66-verdeos.pdf
- Zanoniani, R., & Noëll, S. (2003). *Verdeos de invierno*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/05-verdeos_de_invierno.pdf

7. Anexos

Anexo A

Aporte relativo del forraje y el suplemento al consumo total de materia seca (kg/an/día) según tratamiento



Anexo B

Comportamiento digestivo según Suplementación y asignación de forraje.

	Testigo	Supl	AF 2.5	AF 5	Of	S	Of x Supl	Sem
Pastoreo	0,415	0,380	0,3896	0,4053	ns	*	ns	*
Rumia	0,238	0,180	0,231	0,1859	*	*	*	ns
Descanso	0,313	0,349	0,3201	0,3413	ns	*	ns	*
Tasa de bocado	39,792	40,146	37	43	*	ns	ns	ns

ns= probabilidad>0.05; *= P<0.05

Anexo C Análisis biomasa pre pastoreo

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
bloque	1	7	0.16	0.7054
MP	1	7	35.50	0.0006
SUPL	1	7	2.69	0.1450
MP*SUPL	1	7	3.91	0.0887
MP*Semana	9	72	3.38	0.0016
SUPL*Semana	9	72	1.75	0.0922
MP*SUPL*Semana	9	72	3.27	0.0022

----- Efecto=MP*Semana Method=Tukey-Kramer(P<0.10) Set=4 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	Estimación	Error est. ndar	Letter Group
9	AF50		1	2647.67	178.87	A
10	AF25		1	2477.83	178.87	A
11	AF50		2	3279.83	178.87	A
12	AF25		2	2487.83	178.87	A
13	AF50		3	2980.00	178.87	A
14	AF25		3	2700.67	178.87	A
15	AF50		4	3421.47	178.87	A
16	AF25		4	2756.97	178.87	A
17	AF50		5	4524.83	178.87	A
18	AF25		5	3984.67	178.87	A
19	AF50		6	3482.83	178.87	A
20	AF25		6	2867.17	178.87	A
21	AF50		7	4918.33	178.87	A
22	AF25		7	3298.83	178.87	B
23	AF50		8	5116.83	178.87	A
24	AF25		8	4264.17	178.87	A
25	AF50		9	3708.67	178.87	A
26	AF25		9	3157.00	178.87	A
27	AF25		10	3138.17	178.87	A
28	AF50		10	3125.50	178.87	A

----- Efecto=SUPL*Semana Method=Tukey-Kramer(P<0.10) Set=14 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	<u>Estimación</u>	<u>Error estandar</u>	Letter Group
29		SUPL	1	2657.00	178.87	A
30		TESTIGO	1	2468.50	178.87	A
31		TESTIGO	2	3124.00	178.87	A
32		SUPL	2	2643.67	178.87	A
33		TESTIGO	3	3161.33	178.87	A
34		SUPL	3	2519.33	178.87	A
35		TESTIGO	4	3355.15	178.87	A
36		SUPL	4	2823.28	178.87	A
37		TESTIGO	5	4348.67	178.87	A
38		SUPL	5	4160.83	178.87	A
39		SUPL	6	3296.17	178.87	A
40		TESTIGO	6	3053.83	178.87	A
41		TESTIGO	7	4255.83	178.87	A
42		SUPL	7	3961.33	178.87	A
43		SUPL	8	4803.00	178.87	A
44		TESTIGO	8	4578.00	178.87	A
45		TESTIGO	9	3514.67	178.87	A
46		SUPL	9	3351.00	178.87	A
47		TESTIGO	10	3145.50	178.87	A
48		SUPL	10	3118.17	178.87	A

Anexo D. Análisis altura pre pastoreo

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
bloque	1	7	0.00	0.9760
MP	1	7	20.36	0.0028
SUPL	1	7	6.32	0.0402
MP*SUPL	1	7	2.85	0.1353
MP*Semana	9	72	3.46	0.0013
SUPL*Semana	9	72	1.74	0.0949
MP*SUPL*Semana	9	72	3.96	0.0004

----- Efecto=MP*Semana Method=Tukey-Kramer(P<0.10) Set=4 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	Estimación	Error estándar	Letter Group
9	AF50		1	25.2067	0.8815	A
10	AF25		1	23.9167	0.8815	A
11	AF50		2	25.6100	0.8815	A
12	AF25		2	21.3633	0.8815	A
13	AF50		3	22.2367	0.8815	A
14	AF25		3	19.3233	0.8815	A
15	AF50		4	26.1000	0.8815	A
16	AF25		4	20.3667	0.8815	B
17	AF50		5	24.7367	0.8815	A
18	AF25		5	22.1167	0.8815	A
19	AF50		6	21.6467	0.8815	A
20	AF25		6	19.6033	0.8815	A
21	AF50		7	23.0967	0.8815	A
22	AF25		7	20.0400	0.8815	A
23	AF50		8	22.5300	0.8815	A
24	AF25		8	21.1800	0.8815	A
25	AF25		9	25.8533	0.8815	A
26	AF50		9	23.1200	0.8815	A
27	AF50		10	20.1633	0.8815	A
28	AF25		10	19.4417	0.8815	A

----- Efecto=SUPL*Semana Method=Tukey-Kramer(P<0.10) Set=14 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	Estimación	Error estandar	Letter Group
29		TESTIGO	1	25.0967	0.8815	A
30		SUPL	1	24.0267	0.8815	A
31		TESTIGO	2	25.0367	0.8815	A
32		SUPL	2	21.9367	0.8815	A
33		TESTIGO	3	22.0667	0.8815	A
34		SUPL	3	19.4933	0.8815	A
35		TESTIGO	4	24.3167	0.8815	A
36		SUPL	4	22.1500	0.8815	A
37		TESTIGO	5	24.2967	0.8815	A
38		SUPL	5	22.5567	0.8815	A
39		SUPL	6	21.5867	0.8815	A
40		TESTIGO	6	19.6633	0.8815	A
41		TESTIGO	7	22.2133	0.8815	A
42		SUPL	7	20.9233	0.8815	A
43		SUPL	8	22.2333	0.8815	A
44		TESTIGO	8	21.4767	0.8815	A
45		TESTIGO	9	25.7300	0.8815	A
46		SUPL	9	23.2433	0.8815	A
47		TESTIGO	10	19.8467	0.8815	A
48		SUPL	10	19.7583	0.8815	A

Anexo E. Análisis Biomasa Rechazo

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
bloque	1	7	2.09	0.1912
MP	1	7	363.84	<.0001
SUPL	1	7	1.42	0.2715
MP*SUPL	1	7	1.58	0.2492
MP*Semana	9	72	19.34	<.0001
SUPL*Semana	9	72	1.36	0.2234
MP*SUPL*Semana	9	72	3.35	0.0018

----- Efecto=MP*Semana Method=Tukey-Kramer(P<0.10) Set=4 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	<u>Estimación</u>	<u>Error est:ndar</u>	Letter Group
9	AF50		1	2890.50	76.1749	A
10	AF25		1	1468.33	76.1749	B
11	AF50		2	1778.33	76.1749	A
12	AF25		2	877.50	76.1749	B
13	AF50		3	1726.17	76.1749	A
14	AF25		3	1320.00	76.1749	B
15	AF50		4	1674.10	76.1749	A
16	AF25		4	1041.82	76.1749	B
17	AF50		5	1263.67	76.1749	A
18	AF25		5	748.17	76.1749	B
19	AF50		6	2589.17	76.1749	A
20	AF25		6	1082.50	76.1749	B
21	AF50		7	2832.17	76.1749	A
22	AF25		7	2370.00	76.1749	B
23	AF50		8	1773.50	76.1749	A
24	AF25		8	1575.67	76.1749	A
25	AF50		9	2162.17	76.1749	A
26	AF25		9	1943.50	76.1749	A
27	AF50		10	1447.00	76.1749	A
28	AF25		10	1142.17	76.1749	A

Anexo F. Análisis Altura Rechazo

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
bloque	1	79	3.95	0.0505
MP	1	79	393.09	<.0001
SUPL	1	79	9.26	0.0032
MP*SUPL	1	79	3.04	0.0852
MP*Semana	9	79	2.39	0.0191
SUPL*Semana	9	79	2.49	0.0148
MP*SUPL*Semana	9	79	2.40	0.0186

----- Efecto=MP*Semana Method=Tukey(P<0.10) Set=4 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	<u>Estimación</u>	<u>Error estándar</u>	Letter Group
9	AF50		1	10.1667	0.4950	A
10	AF25		1	6.8833	0.4950	B
11	AF50		2	13.5733	0.4950	A
12	AF25		2	8.5267	0.4950	B
13	AF50		3	9.4233	0.4950	A
14	AF25		3	5.5933	0.4950	B
15	AF50		4	12.3000	0.4950	A
16	AF25		4	7.3833	0.4950	B
17	AF50		5	10.8400	0.4950	A
18	AF25		5	6.9000	0.4950	B
19	AF50		6	10.8833	0.4950	A
20	AF25		6	5.6933	0.4950	B
21	AF50		7	14.5133	0.4950	A
22	AF25		7	8.1333	0.4950	B
23	AF50		8	12.2367	0.4950	A
24	AF25		8	7.2367	0.4950	B
25	AF50		9	11.0967	0.4950	A
26	AF25		9	8.0733	0.4950	B
27	AF50		10	10.1400	0.4950	A
28	AF25		10	6.8617	0.4950	B

----- Efecto=SUPL*Semana Method=Tukey(P<0.10) Set=14 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	<u>Estimación</u>	<u>Error estandar</u>	Letter Group
29		SUPL	1	8.6333	0.4950	A
30		TESTIGO	1	8.4167	0.4950	A
31		SUPL	2	11.7400	0.4950	A
32		TESTIGO	2	10.3600	0.4950	A
33		SUPL	3	7.9567	0.4950	A
34		TESTIGO	3	7.0600	0.4950	A
35		TESTIGO	4	10.0167	0.4950	A
36		SUPL	4	9.6667	0.4950	A
37		TESTIGO	5	9.3533	0.4950	A
38		SUPL	5	8.3867	0.4950	A
39		SUPL	6	9.5100	0.4950	A
40		TESTIGO	6	7.0667	0.4950	B
41		TESTIGO	7	11.6833	0.4950	A
42		SUPL	7	10.9633	0.4950	A
43		SUPL	8	10.4533	0.4950	A
44		TESTIGO	8	9.0200	0.4950	A
45		SUPL	9	10.3667	0.4950	A
46		TESTIGO	9	8.8033	0.4950	A
47		SUPL	10	8.9200	0.4950	A
48		TESTIGO	10	8.0817	0.4950	A

Anexo G. Análisis consumo MS de forraje

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
bloque	1	7	0.73	0.4202
MP	1	7	188.49	<.0001
SUPL	1	7	8.06	0.0251
MP*SUPL	1	7	3.75	0.0941
MP*Semana	8	64	15.66	<.0001
SUPL*Semana	8	64	1.70	0.1161
MP*SUPL*Semana	8	64	1.56	0.1557

----- Efecto=MP*SUPL Method=Tukey(P<0.05) Set=3 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	Estimación	Error estándar	Letter Group
5	AF50	TESTIGO	-	2.5930	0.07336	A
6	AF50	SUPL	-	2.2426	0.07336	B
7	AF25	TESTIGO	-	1.4437	0.07336	C
8	AF25	SUPL	-	1.3774	0.07336	C

----- Efecto=MP*Semana Method=Tukey-Kramer(P<0.05) Set=4 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	Estimación	Error estándar	Letter Group
9	AF50		5	3.6117	0.1132	A
10	AF50		8	3.2417	0.1132	A
11	AF50		10	2.6800	0.1132	B
12	AF50		4	2.5500	0.1132	BC
13	AF50		2	2.2817	0.1132	BC
14	AF50		7	2.1100	0.1132	CD
15	AF50		9	2.0750	0.1132	CDE
16	AF25		5	2.0267	0.1132	CDE
17	AF50		3	2.0233	0.1132	CDE
18	AF25		10	1.5917	0.1132	DEF
19	AF25		2	1.5667	0.1132	DEF
20	AF25		8	1.5617	0.1132	DEF
21	AF25		4	1.5417	0.1132	DEF
22	AF25		6	1.4933	0.1132	EFG
23	AF25		3	1.2700	0.1132	FG
24	AF50		6	1.1867	0.1132	FGH
25	AF25		9	0.9550	0.1132	GH
26	AF25		7	0.6883	0.1132	H

Anexo H. Análisis consumo de MS de suplemento

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
bloque	1	3	2.21	0.2338
MP	1	3	1.70	0.2837
Semana	8	32	2.60	0.0260
MP*Semana	8	32	0.87	0.5522

----- Efecto=Semana Method=Tukey-Kramer(P<0.05) Set=2 ----

Obs	MP	Semana	Estimación	Error estandar	Letter Group
3		4	1.0000	0.01851	A
4		5	1.0000	0.01851	A
5		6	1.0000	0.01851	A
6		7	1.0000	0.01851	A
7		8	1.0000	0.01851	A
8		10	1.0000	0.01851	A
9		3	0.9800	0.01851	A
10		9	0.9383	0.01851	A
11		2	0.9250	0.01851	A

Anexo I. Análisis consumo de MS total

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
bloque	1	7	0.53	0.4892
MP	1	7	191.71	<.0001
SUPL	1	7	111.47	<.0001
MP*SUPL	1	7	3.33	0.1106
MP*Semana	8	64	15.45	<.0001
SUPL*Semana	8	64	1.94	0.0686
MP*SUPL*Semana	8	64	1.71	0.1138

----- Efecto=MP*SUPL Method=Tukey(P<0.05) Set=3 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	Estimación	Error estandar	Letter Group
5	AF50	SUPL	—	3.2333	0.07333	A
6	AF50	TESTIGO	—	2.5930	0.07333	B
7	AF25	SUPL	—	2.3519	0.07333	B
8	AF25	TESTIGO	—	1.4437	0.07333	C

----- Efecto=MP*Semana Method=Tukey-Kramer(P<0.05) Set=4 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	Estimación	Error estandar	Letter Group
9	AF50		5	4.1117	0.1132	A
10	AF50		8	3.7417	0.1132	A
11	AF50		10	3.1800	0.1132	B
12	AF50		4	3.0500	0.1132	BC
13	AF50		2	2.7700	0.1132	BC
14	AF50		7	2.6100	0.1132	CD
15	AF50		9	2.5467	0.1132	CDE
16	AF25		5	2.5267	0.1132	CDE
17	AF50		3	2.5217	0.1132	CDE
18	AF25		10	2.0917	0.1132	DEF
19	AF25		8	2.0617	0.1132	DEF
20	AF25		4	2.0417	0.1132	DEF
21	AF25		2	2.0033	0.1132	EF
22	AF25		6	1.9933	0.1132	EF
23	AF25		3	1.7517	0.1132	FG
24	AF50		6	1.6867	0.1132	FGH
25	AF25		9	1.4217	0.1132	GH
26	AF25		7	1.1883	0.1132	H

----- Efecto=SUPL*Semana Method=Tukey-Kramer(P<0.05) Set=5 -----

Obs	MP	SUPL	Semana	Estimación	Error estandar	Letter Group
27		SUPL	5	3.8617	0.1132	A
28		SUPL	8	3.3500	0.1132	AB
29		SUPL	10	3.1167	0.1132	BC
30		SUPL	4	2.9300	0.1132	BCD
31		TESTIGO	5	2.7767	0.1132	BCDE
32		SUPL	2	2.6867	0.1132	CDEF
33		TESTIGO	8	2.4533	0.1132	DEFG
34		SUPL	7	2.3717	0.1132	EFG
35		SUPL	3	2.3633	0.1132	EFG
36		SUPL	9	2.3183	0.1132	EFG
37		TESTIGO	4	2.1617	0.1132	FGH
38		TESTIGO	10	2.1550	0.1132	FGH
39		SUPL	6	2.1350	0.1132	GH
40		TESTIGO	2	2.0867	0.1132	GHI
41		TESTIGO	3	1.9100	0.1132	GHIJ
42		TESTIGO	9	1.6500	0.1132	HIJ
43		TESTIGO	6	1.5450	0.1132	IJ
44		TESTIGO	7	1.4267	0.1132	J

Anexo J. GMD

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
AF	1	0.00885633	0.00885633	2.17	0.1914
SUPL	1	1.33466700	1.33466700	326.67	<.0001
AF*SUPL	1	0.00061633	0.00061633	0.15	0.7111
BLOQUE	2	0.00457217	0.00228608	0.56	0.5987

AF	GMD LSMEAN	Error est·ndar	H0:LSMEAN=0 Pr > t	H0:Media LS1= MediaLS2 Pr > t
25	0.76466667	0.02609482	<.0001	0.1914
50	0.81900000	0.02609482	<.0001	

SUPL	GMD LSMEAN	Error est·ndar	H0:LSMEAN=0 Pr > t	H0:Media LS1= MediaLS2 Pr > t
0	0.45833333	0.02609482	<.0001	<.0001
1	1.12533333	0.02609482	<.0001	

AF	SUPL	GMD LSMEAN	Error est·ndar	Pr > t	N'mero LSMEAN
25	0	0.42400000	0.03690365	<.0001	1
25	1	1.10533333	0.03690365	<.0001	2
50	0	0.49266667	0.03690365	<.0001	3
50	1	1.14533333	0.03690365	<.0001	4