

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DEL GRANO DE LUPINO (*Lupinus
angustifolius*) COMO SUPLEMENTO EN LA RECRÍA DE
TERNERAS OFRECIDO EN COMEDEROS DE
AUTOCONSUMO: EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO
ANIMAL Y EFICIENCIA DE USO DEL ALIMENTO**

por

**Carlos Sebastián ISAZA SASIAS
Ramiro Manuel MALDONADO OBISPO
Juan José SANSON VILLA**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2024**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Ágr. Álvaro Simeone

Ing. Ágr. Virginia Beretta

Tribunal:

Álvaro Simeone

Stefanía Pancini

Victoria Burjel

Fecha:

13 de diciembre de 2024

Estudiante:

Carlos Sebastián Isaza Sasias

Ramiro Manuel Maldonado Obispo

Juan José Sanson Villa

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, amigos y colegas que nos acompañaron a lo largo de la carrera. Su continuo apoyo y motivación fueron fundamentales en este proceso de formación.

A nuestros directores Ingeniero Agrónomo (PhD.) Álvaro Simeone e Ingeniera Agrónoma (Dra.) Virginia Beretta por su dedicación y guía en la realización de este trabajo.

A Ing. Agr. Stefania Pancini, Ing. Agr. Victoria Burjel e Ing. Agr. Natalia Zabalveytia por su ayuda y disposición en el trabajo de campo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. UTILIZACIÓN DE VERDEOS EN LA RECRÍA DE VACUNOS	11
2.1.1. Calidad y valor nutricional	12
2.1.2. Problemática de los verdeos invernales.....	13
2.2. OFERTA DE FORRAJE Y REGULACIÓN DEL CONSUMO	14
2.3. DESEMPEÑO DE LA RECRÍA PASTOREANDO VERDEOS DE INVIERNO	16
2.4. RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN EN LA RECRÍA PASTOREANDO	17
VERDEOS DE INVIERNO	17
2.4.1. Procesamiento del grano.....	19
2.4.2. Método de suplementación (diaria vs. autoconsumo).....	21
2.5. HIPÓTESIS	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. UBICACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL	23
3.2. SUELO	23
3.3. CLIMA	23
3.4. PASTURA Y SUPLEMENTO.....	23
3.5. ANIMALES Y TRATAMIENTOS.....	25
3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	26
3.6.1. Periodo pre-experimental.....	26
3.6.2. Manejo del pastoreo y la suplementación.....	26
3.7. REGISTROS, MEDICIONES Y MUESTREOS	27
3.7.1. Animales	27
3.7.2. Suplemento	27
3.7.3. Pastura	27
3.7.4. Producción de carne y carga	27

3.8.	MANEJO SANITARIO	27
3.9.	ANÁLISIS QUÍMICOS.....	28
3.10.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28
4.	RESULTADOS	31
4.1.	CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL.....	31
4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA.....	32
4.2.1.	Biomasa y altura de entrada.....	33
4.2.2.	Biomasa y altura del remanente	33
4.2.3.	Utilización de forraje.....	35
4.3.	CONSUMO, GANANCIA DE PESO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN .	36
4.3.1.	Consumo de forraje y suplemento.....	36
4.3.2.	Ganancia de peso y eficiencia de conversión	36
4.3.3.	Producción de carne y carga animal.....	38
5.	DISCUSIÓN.....	39
5.1.	RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN CON LUPINO	39
5.2.	EFEECTO DEL MÉTODO DE SUMINISTRO	40
6.	CONCLUSIONES	42
7.	BIBLIOGRAFÍA	43
8.	ANEXOS.....	52

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas:

	Página
Tabla 1 Producción de forraje de cultivares de raigrás anual (kg MS.ha ⁻¹)	12
Tabla 2 Composición química promedio del forraje de avena y raigrás en distintas épocas del año	13
Tabla 3 Procesamiento y digestibilidad del almidón del grano de maíz.....	20
Tabla 4 Registros mensuales de temperatura y precipitaciones durante el periodo experimental	23
Tabla 5 Manejo del verdeo de invierno.....	24
Tabla 6 Análisis químico de la pastura y del grano de lupino quebrado (valores promedio periodo experimental)	25
Tabla 7 Registro de temperaturas y precipitaciones medias históricas y ocurridas durante el transcurso del experimento	31
Tabla 8 Efecto tratamiento y semana sobre la biomasa y altura de forraje disponible, remanente y utilización	32
Tabla 9 Efecto de la suplementación y método de suministro sobre el consumo forraje, suplemento y total.....	36
Tabla 10 Efecto de la suplementación con lupino y del método de suministro sobre el crecimiento animal.....	37
Tabla 11 Efecto del método de suministro sobre la respuesta a la suplementación y la ECS	38
Tabla 12 Producción de carne y evolución de la carga en los distintos tratamientos... 38	
Tabla 13 Consumo diario promedio de Energía Metabolizable (Mcal/a/d) y Proteína cruda (kg/a/d) estimado para cada tratamiento.....	39

Figuras:

	Página
Figura 1 Evolución de la altura y biomasa ofrecida (entrada) durante el experimento .	33
Figura 2 Evolución de la biomasa remanente de cada tratamiento a lo largo de las semanas	34
Figura 3 Evolución de la altura de los remanentes de cada tratamiento durante el experimento	35
Figura 4 Utilización de forraje durante el experimento	35
Figura 5 Evolución del peso vivo (kg) de los tratamientos durante el transcurso del experimento	37

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la suplementación con grano de lupino (*Lupinus angustifolium*) y el método de suministro, sobre el crecimiento y la eficiencia de conversión de 36 terneras Hereford pastoreando raigrás (*Lolium multiflorum* cv Bill max), en condiciones de oferta de forraje restringida (2,5% del PV) durante el invierno. El experimento se realizó en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) localizada en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. Las terneras fueron asignadas a tres tratamientos en un diseño en bloques completos al azar (tres parcelas de pastoreo por tratamiento, cuatro terneras por parcela): pastoreo sin suplementación (testigo), suplementación diaria al 1% del peso vivo, y suplementación *ad libitum* en autoconsumo. La suplementación mejoró la ganancia de peso (1,21 kg vs. 0,74 kg, $P < 0,01$), y dentro de los suplementados la ganancia de peso fue mayor para el tratamiento autoconsumo (1,3 kg vs. 1,13 kg; $P < 0,01$), asociado a un mayor consumo de suplemento respecto al método de suministro diario (3,9 kg MS/a/d vs. 2,10 kg MS/a/d; $P < 0,01$). La eficiencia de conversión del suplemento no presentó diferencias significativas entre los tratamientos (SD: 5,73 y AC: 6,85, $P > 0,05$). El mayor consumo de suplemento en el tratamiento autoconsumo, determinó una mayor producción de carne (kg/ha). Los resultados obtenidos sugieren, que la inclusión de grano de lupino bajo diferentes métodos de suministro, puede ser una alternativa viable en predios comerciales.

Palabras claves: suplementación, grano de lupino, terneras, ganancia media diaria, eficiencia de conversión

ABSTRACT

The aim of this research is to assess the effects of lupin grain (*Lupinus angustifolium*) supplementation and feeding method on the growth and feed conversion efficiency of 36 Hereford heifers grazing on ryegrass (*Lolium multiflorum cv Bill max*) under restricted forage availability (2.5% of body weight) during winter. The experiment was conducted at the Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) located at the Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. The heifers were assigned to three treatments in a randomized complete block design (three grazing parcels per treatment, four heifers per parcel): grazing without supplementation (control), daily supplementation at 1% of body weight, and *ad libitum* self-feeding supplementation. Supplementation improved weight gain (1.21 kg vs. 0.74 kg; $P<0.01$), and among the supplemented groups, weight gain was higher in the self-feeding treatment (1.3 kg vs. 1.13 kg; $P<0.01$), associated with a higher supplement intake compared to the daily feeding method (3.9 kg DM/head/day vs. 2.10 kg DM/head/day; $P<0.01$). Feed conversion efficiency of the supplement showed no significant differences between treatments (SD: 5,73 y AC: 6,85, $P>0.05$). The higher supplement intake in the self-feeding treatment resulted in a higher meat production (kg/ha). These findings suggest that including lupin grain through different feeding methods may be a viable option for commercial operations.

Keywords: supplementation, lupin grain, heifers, average daily gain, feed conversion efficiency

1. INTRODUCCIÓN

La estación invernal es un periodo crítico para la recría, etapa donde las terneras son más eficientes biológicamente en la conversión de alimento a peso vivo siendo determinante sobre el potencial de crecimiento y por lo tanto en la eficiencia reproductiva de las hembras. La falta de alimento puede afectar su crecimiento y desarrollo en el largo plazo. Es aquí donde la utilización de las pasturas sembradas y la suplementación pueden jugar un rol estratégico.

El uso de verdeos de invierno con una alta oferta de forraje permite lograr altas ganancias medias diarias, pero conlleva manejar una baja carga y por lo tanto genera en los sistemas una mayor necesidad de área, siendo más ineficientes en el uso del recurso.

Se ha identificado que estos verdeos presentan limitantes nutricionales durante el primer pastoreo, que generalmente ocurre en el otoño, reflejado en bajas ganancias de peso para la recría de terneras respecto a lo esperado dado su calidad. Las principales limitantes son: alto contenido de agua y alta relación proteína de alta solubilidad/carbohidratos solubles, lo cual limita la síntesis de proteína microbiana y el consumo efectivo de forraje, aun a altas ofertas de forraje, con un posible aumento en el gasto de energía destinado a la excreción del nitrógeno excedente en el organismo. Se ha demostrado que la suplementación energética contribuye a mejorar la performance animal: a través de altas ganancias medias de peso y una buena eficiencia de conversión; permitiendo reducir la oferta de forraje y solucionar el problema de bajar la carga a nivel de sistema.

Los concentrados energéticos a base de granos de cereales, como son trigo, cebada, sorgo molido, grano de maíz entero, entre otros, han sido la fuente de energía evaluada para subsanar las limitantes nutricionales de los verdeos de invierno para los primeros pastoreos. Bergós y Errandonea (2020) reportan una ganancia media diaria de peso de 0,700 kg/a/d utilizando grano molido de sorgo como suplemento sobre verdeos de invierno.

Otra alternativa de suplementación son los concentrados energéticos-proteicos, donde puede llegar a variar la magnitud de la respuesta dependiendo del aporte de proteína no degradable en rumen del suplemento. Bergós y Errandonea (2020) observaron beneficios en la ganancia media diaria de peso de terneras pastoreando raigrás, suplementadas diariamente al 1% del peso vivo (PV) con grano de lupino o DDGS con respecto a las suplementadas con sorgo molido. En otros trabajos, se han obtenido ganancias de peso en torno a 1,0 kg/a/d suplementando diariamente al 1% del PV terneros con grano de lupino pastoreando sobre verdeos de invierno independientemente de la oferta de forraje cuando esta varía en el rango del 2,5% y 5,0% del PV (Acland et al., 2023). En todos estos trabajos la suplementación se realizó en forma diaria y en cantidad restringida al 1% del peso vivo.

Dado las características de composición química y nutricional del grano, el hecho de ser un alimento no almidonoso, se plantea la interrogante sobre si sería viable el

suministro de grano de lupino en comederos de autoconsumo, ofrecido *ad libitum*, sin métodos de regulación del consumo (sal o automático), y cuál sería su impacto sobre la performance de la recría pastoreando verdeos de invierno con baja oferta de forraje.

Esta alternativa tecnológica permite disponer el suministro del suplemento mediante un comedero el cual se encuentra diseñado para el consumo de varios animales a la vez asegurando que el suplemento esté siempre disponible. Las ventajas son que permite reducir la frecuencia de suministro con relación a la suplementación diaria, desde el punto de vista operativo disminuyendo el tiempo de trabajo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con grano de lupino, y del método suministro (diario o comederos de autoconsumo) sobre el crecimiento animal y la eficiencia de uso del alimento en terneras pastoreando verdeos de invierno a una oferta de forraje restringida.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Durante la recría, ubicada en el primer invierno de vida justo entre el final de la cría y el comienzo de la terminación, es importante que las ganancias medias diarias en sistemas sobre pasturas sembradas sean positivas y no inferiores a 0,500-0,600 kg/a/d ya que de esta forma se logra reducir la edad al primer entore, mejorando la eficiencia global del sistema. Los requerimientos de EM¹ deben cubrirse con dietas que contengan en torno a 2,5 Mcal EM/kg MS² y un 16% de PC³ (ver anexo A) para obtener estos niveles de ganancia (Simeone & Beretta, 2002).

2.1. UTILIZACIÓN DE VERDEOS EN LA RECRÍA DE VACUNOS

Los verdesos son cultivos forrajeros anuales que refuerzan la entrega de forraje en periodos críticos de baja disponibilidad como lo es el invierno. Estos deben ser cultivos de fácil implantación y manejo, señala Carámbula (1987). Los principales verdesos de invierno utilizados tanto en la recría de terneros como en el engorde de novillos están compuestos por avena bizantina y/o raigrás anual (Banchero et al., 2011).

Carámbula (2007) indica que los verdesos también cumplen un rol importante como componente de las rotaciones forrajeras en sistemas intensivos de recría y engorde a pasto, ya que complementan el aporte de las pasturas perennes, aportando volumen de forraje de calidad.

Si se trata de la avena (*Avena sp*) como verdeo de invierno su principal producción se encuentra en otoño mientras que el raigrás (*Lolium multiflorum*) logra sus máximas producciones principalmente en invierno y primavera. Este último presenta un muy elevado valor nutritivo y una muy buena palatabilidad previo a la floración (Carámbula, 1987). La siembra de raigrás entonces es una alternativa que puede proveer forraje de alta calidad con muy buen rebrote (Perrachón, 2009). Es recomendable, según Banchero et al. (2011), disponer de la cantidad de forraje inicial y remanente sumado a un valor nutricional de los verdesos. Esto permitirá un uso más eficiente de los mismos.

Según datos (Tabla 1) de la Evaluación Nacional de Cultivares para especies forrajeras anuales, bianuales y perennes (Instituto Nacional de Semillas [INASE] & Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], 2024) la misma duplica e inclusive triplica la estimación de producción de materia seca anual del CN (ver anexo B).

¹ EM: Energía metabolizable

² MS: Materia seca

³ PC: Proteína cruda

Tabla 1*Producción de forraje de cultivares de raigrás anual (kg MS.ha⁻¹)*

Cultivares (4)	Ploidía	Año 2022	Año 2023	Conjunto
S 103	4n	12523	12192	12358
Jack	2n	12147	11540	11844
Inia Titan	4n	12088	11408	11748
Estanzuela 284	2n	9997	9657	9827

Nota. Adaptado de INASE e INIA (2024).

Existen

ventajas entre cultivares tetraploides con respecto a los diploides, como: mayor cantidad de forraje y ciclo más largo que LE 284. Mayor apetecibilidad por parte del ganado, por mayor contenido de hidratos de carbono solubles en sus tejidos, lo cual conduce a un mayor consumo. Mayor calidad de forraje principalmente en primavera por ser más tardíos. Mayor tamaño de semilla la que otorga a las plántulas un mayor vigor inicial y producción de materia seca total similar a muchos diploides, resultante de menos macollas pero con hojas más anchas. (Carámbula, 2003, p. 54)

2.1.1. Calidad y valor nutricional

Según Agnusdei (2007), la calidad del forraje es sinonimo de su digestibilidad que a su vez está determinada por la proporción del material ingerido que es degradado en el rumen. La caída de la misma se da con el envejecimiento de las hojas que son consumidas. Este fenómeno es común en todas las gramíneas forrajeras.

Dentro de un mismo año se puede ver una variación en la calidad de los forrajes en las distintas estaciones (Banchero et al., 2011). En la Tabla 2 la concentración de proteína cruda (PC) del raigrás es del 18,1% en otoño, aumentando en el invierno al 26,1% y con un notorio descenso de este componente en la primavera al 16,8%. El aporte de energía metabolizable es bajo en el período otoño-invernal, lo que genera un desbalance en el valor nutricional en el forraje ofrecido.

Tabla 2

Composición química promedio del forraje de avena y raigrás en distintas épocas del año

AVENA	Otoño	Invierno	Primavera
Materia seca (%)	14,2	19,2	34,6
Proteína cruda (%)	16,3	17,8	13,7
Energía metabolizable (Mcal/kg de MS)	2,51	2,58	2,37
RAIGRÁS	Otoño	Invierno	Primavera
Materia Seca (%)	20,5	15	sd
Proteína cruda (%)	18,1	26,1	16,8
Energía metabolizable (Mcal/kg de MS)	2,63	2,78	2,91

Nota. Adaptado de Banchemo et al. (2011).

Esta tendencia es el resultado de dos factores importantes. En primer lugar, por los cambios fenológicos del cultivo (pasaje de estado vegetativo a reproductivo) en la primavera, donde se da un aumento de la fracción tallo, y de los carbohidratos estructurales, celulosa, hemicelulosa y lignina. A su vez, el aumento de temperatura en la estación se asocia a un aumento en la concentración de fibra en el forraje (García, 2003).

A medida que aumenta la madurez de la pastura cambia la proporción de cada constituyente. Aumentando la proporción de pared celular y disminuyendo el contenido celular. Estos cambios en la composición química afectan la calidad de la pastura ya que disminuye su digestibilidad y afectan el consumo (Ustarroz & De León, 2006).

Ustarroz y De León (2006) especifican que la digestibilidad del forraje está determinada por la degradación de la pared celular, la cual está representada por el contenido de FDN (Fibra Detergente Neutro). Valores mayores al 45-50% presentes en el forraje generan una menor digestibilidad, que va a condicionar una menor tasa de pasaje por el tracto gastrointestinal (TGI) y por consiguiente un menor consumo. Esto determina una regulación física del consumo. Alimentos que presentan menos del 45% de FDN, la regulación del consumo es metabólica.

2.1.2. Problemática de los verdes invernales

Los verdes invernales son consumidos con un alto contenido de agua (característico de pastoreos de otoño), la misma provoca una limitación física en la ingesta y afecta directamente la cantidad de materia seca ingerida. Si bien un alto contenido de agua, termina por aumentar la tasa de pasaje, lo cual está asociado a un mayor consumo

de materia seca, no ocurre lo mismo con forrajes frescos (Elizalde, 2003). Banchemo et al. (2011) indican que se pueden lograr iguales ganancias tanto en novillos como en terneros al suprimir el acceso al agua en animales pastoreando verdes con menos del 22% de materia seca. Sumado a esto se presentan varias ventajas, como la disminución de diarrea en animales recién destetados por exceso de agua, aumento de la conversión de la materia seca a peso vivo en terneros y novillos.

No solo existen problemas en la cantidad de materia seca ingerida sino también en la calidad del forraje. Como consecuencia de las bajas tasas de crecimiento existe un desbalance nutricional en este tipo de forraje, caracterizado por una alta proporción de proteínas de alta solubilidad en relación a la cantidad de carbohidratos solubles presentes. Esto último limita la producción de proteína microbiana, sumado a que la proteína presente se degrada en el rumen (con baja concentración de proteína *by pass*⁴). La proteína digerida en el rumen es degradada hasta N-NH₃ (amoníaco), y el exceso de nitrógeno no utilizado por los microorganismos el animal lo metaboliza en urea para su posterior eliminación mediante la orina o su reciclado al rumen a través de la saliva significando un costo energético para el animal (Baeck, 2000).

El balance de proteína ofrecida, menos la requerida para la ganancia que se prevé alcanzable es negativo, acentuándose el problema en categorías que van desde terneros hasta los 14 o 16 meses de edad, ya que son categorías más demandantes de proteína en cuanto a composición de la dieta, ya que están en plena etapa de crecimiento (Baeck, 2000).

Beretta et al. (2002) como se cita en Acland et al. (2023) consideran esto como una limitante en la ganancia de peso aún a altas ofertas de forraje. En esta misma publicación, los autores sugieren que aún se puede aportar energía fermentable suplementando con granos de cereales.

Los verdes invernales presentan deficiencia de minerales, principalmente de magnesio. Esta deficiencia puede generar falta de apetito, agresividad, marcha tambaleante, salivación, temblor muscular, convulsión y muerte. Estos problemas se dan con más frecuencia en animales adultos, ya que estos presentan muy baja eficiencia en la movilización de reservas de magnesio. Por eso es fundamental adoptar una medida preventiva como la suplementación de magnesio en categorías con mayor riesgo según explica Banchemo et al. (2011).

2.2. OFERTA DE FORRAJE Y REGULACIÓN DEL CONSUMO

Grovum (1993) sugiere que el consumo no está regulado por un solo factor, sino por la acción conjunta de la distensión del tracto digestivo, el efecto del nivel hormonal y factores químicos asociados como la concentración de AGV⁵ y presión osmótica; el

⁴ *Proteína by pass*: proteína la cual abandona el rumen posterior a la ingesta del alimento y llega al duodeno sin ser digerida (González, 2006).

⁵ AGV: ácidos grasos volátiles

grado de contribución de cada uno de ellos al control del consumo quedará determinado por las características de la dieta.

El consumo a corto plazo de animales en pastoreo está controlado por la combinación de factores nutricionales, que determina el efecto del forraje masticado en el llenado ruminal y factores no nutricionales asociados a la disponibilidad y el manejo de la pastura, que determinan la estructura del forraje y controlan la velocidad de ingestión (Forbes, 1988; Hodgson, 1990; Poppi et al., 1987). Según Cangiano (1997), el mecanismo de regulación predominante va a depender de la cantidad y calidad de la pastura. Cuando la cantidad es suficientemente alta, la calidad va a determinar el consumo. Este va a ser regulado por la distensión ruminal si la calidad es baja, mientras que si la calidad es alta, el consumo será regulado por el mecanismo metabólico.

Dentro de los factores no nutricionales, la disponibilidad de pasto puede definirse como la facilidad con la que la pastura es cosechada por el animal en pastoreo (Peyraud & Delaby, 2005). Se trata de un parámetro complejo que toma en cuenta aspectos de la vegetación (biomasa acumulada, altura del forraje, porcentaje de láminas) así como las interacciones con las cantidades asignadas por animal (Peyraud & Delaby, 2005).

Combellas y Hodgson (1979), Holmes (1987), Meijs y Hoekstra (1984, como se cita en Baudracco et al., 2010) identifican que la oferta de forraje es un factor importante que incide en la cantidad consumida de materia seca y en el rendimiento animal. Con altas ofertas de forraje, los factores nutricionales como la calidad del forraje y los requerimientos metabólicos del animal controlan el consumo mediante dos mecanismos básicos como lo son el tiempo de retención en rumen y la regulación de la proporción de productos metabólicos de la ingesta.

Beretta et al. (2010) evaluaron que para terneras Hereford pastoreando avena, un máximo en el consumo de forraje se lograba a una oferta de forraje del 8% del peso vivo, para un rango de ofertas de forraje entre 2,5, 5,0, 7,5, y 10,0 kg MS/100 kg PV.

En mismas condiciones de calidad, animales pastoreando a altas ofertas y que logran una menor utilización de la pastura expresaron mayores ganancias que animales a bajas ofertas. Esto evidencia una relación inversa entre la utilización y la ganancia, no siendo posible maximizar ambas al mismo tiempo (Lombardo, 2012).

Berasain et al. (2002), experimentando con novillos Hereford pastoreando sobre avena y raigrás encontraron que al duplicar la oferta de forraje de 2,5% a 5% el consumo del mismo se incrementó en torno a los 2 kg MS/a/d. Esto significó una menor utilización de la pastura disminuyendo un 20% de la misma. Los mismos autores concluyen que ofertas del 5% en este caso no son limitantes al consumo pero que si los factores nutricionales impiden tener consumos máximos. Este cambio de oferta de 2,5% a 5% va a determinar un aumento en la ganancia diaria, pasando de 0,250 kg/a/d a 0,500 kg/a/d respectivamente (Simeone et al., 2016).

En condiciones de pastoreo, el consumo puede ser expresado como el producto entre la tasa de bocado (bocados/minuto), el peso de bocado (gramos del bocado) y el tiempo de pastoreo efectivo (minutos), siendo el peso de bocado el componente determinante de la tasa de consumo instantánea (Chilibroste, 1998).

Al hablar del consumo voluntario la cantidad de materia seca de la pastura es el factor más importante en la regulación de la producción de rumiantes. Por lo tanto se podría decir que el valor de un forraje depende más de la cantidad consumida que de su composición química (Mejía Haro, 2002).

Araujo-Febres (2005) especifica que la eficiencia alimenticia del ganado bovino está determinada por diferentes factores, como lo son la digestibilidad de la dieta y otros factores ambientales, la habilidad genética y el estado fisiológico del animal. Un animal con hambre (déficit fisiológico de nutrientes) se traslada hasta encontrar alimentos y de esta forma saciar el apetito.

La selectividad dentro de una pastura está relacionada a la composición y la accesibilidad durante el pastoreo (Montossi et al., 1995). El animal al momento de pastorear elige entre el material disponible por digestibilidad, palatabilidad y proteína cruda. Presiones de pastoreo del 3% del PV no son suficientemente elevadas para evitar la suplementación del forraje (Bianchi, 1982).

De Vecchi y Franzoni (2023) experimentando con terneros Hereford sobre raigrás Bill Max, los cuales fueron sometidos a ofertas de forraje de 2, 5, 7,5 y 10% del PV, concluyeron que a la hora de consumir el forraje la selectividad está condicionada por la oferta. La concentración de PC de la pastura ofrecida no presentó variaciones entre los tratamientos pero sí incrementó a la hora de medir su concentración en la dieta consumida en la oferta de 7,5%. Analizando la selección de composición botánica hubo un mayor consumo de la componente hoja.

2.3. DESEMPEÑO DE LA RECRÍA PASTOREANDO VERDEOS DE INVIERNO

Algunos antecedentes en cuanto a GMD en categorías de recría pastoreando verdeos invernales muestran que se pueden obtener adecuadas ganancias para la recría de machos y hembras durante esta estación.

Beretta et al. (2002) reportan que terneros pastoreando sobre verdeos invernales manejados a ofertas de forraje de 5 kg MS/100 kg de peso vivo obtienen ganancias medias diarias en torno a 0,550 kg/a/día.

Borrajo et al. (2011) encontraron en terneras de recría como promedio de 3 años, 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 a tres niveles de carga animal de 3 (baja), 4,2 (media) y 5,5 (alta) animales/ha respectivamente sobre *Lolium multiflorum*.

Durante un experimento realizado en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) sobre el verdeo de *Avena byzantina* cv. RLE 115 con 60 terneros, el tratamiento pastoreo libre sin suplementación registró una ganancia de peso promedio de 0,522 kg/d. Este valor de ganancia, es consistente con lo reportado en varios trabajos para esta categoría pastoreando verdeos invernales con una oferta de forraje de 5 kg MS/100 kg de PV (Barrios et al., 2019).

Bergós y Errandonea (2020) experimentando en la UPIC con terneras Hereford de recría, sobre una mezcla de *Avena byzantina* y *Lolium multiflorum* en invierno reportaron ganancias medias de 0,520 kg/a/d al 5% de oferta de forraje.

Acland et al. (2023) obtuvieron ganancias medias en terneros Hereford pastoreando *Lolium multiflorum* cv Bill Max de 0,420 kg/a/d y de 0,490 kg/a/d al 2,5% y 5,0% de oferta de forraje respectivamente.

Díaz y Sampallo (2024) presentaron que la ganancia diaria promedio de los terneros pastoreando *Lolium multiflorum* cv Bill Max tendió a aumentar en forma lineal ($R^2=0,958$) conforme aumentó la OF (0,115; 0,436; 0,54; 0,741 kg/d, para una OF de 2,5; 5,0; 7,5 y 10 kg/100 kg de peso vivo, respectivamente), observándose para la GMD un incremento de 79 g por cada unidad porcentual de aumento en la OF.

Conforme los antecedentes antes mencionados queda demostrado que el uso de verdeos de alta producción de MS durante el invierno mejora la GMD de la recría en situaciones donde el consumo se restringe a OF del 2,5% hasta 10% del PV inclusive. También existe una relación favorable entre aumentar la OF y la GMD que expresan los animales.

2.4. RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN EN LA RECRÍA PASTOREANDO VERDEOS DE INVIERNO

La tecnología de la suplementación no solo es útil en situaciones donde la disponibilidad de forraje es limitada y se pretenda mantener la carga. Como se mencionó anteriormente la principal limitante identificada de los verdeos de invierno se centra en la calidad del forraje.

Precisamente en los primeros pastoreos realizados en dichos verdeos se puede presentar esta problemática consecuencia del bajo porcentaje de materia seca y la alta relación entre proteína bruta de alta solubilidad y el contenido de energía requerido en el rumen para la síntesis microbiana. En estas condiciones es donde la incorporación de suplemento a base de granos de cereales ha demostrado cumplir un rol preponderante.

El consumo de energía diario es una de las principales limitantes de la performance animal. Latimori (2004) destaca la suplementación energética como una herramienta muy potente para estabilizar resultados debido a la capacidad de corregir deficiencias en calidad y en cantidad de la dieta base, mejorando la respuesta animal obtenida. En el mismo artículo destaca el uso otoñal de los terneros ingresados al sistema

de recría, donde las pasturas están desbalanceadas y son corregidas eficientemente por el consumo de los suplementos energéticos los cuales aportan la energía necesaria a nivel ruminal para ser aprovechada por los microorganismos del mismo.

Fuentes (2016) postula que la inclusión de suplementos energéticos tiene un beneficio global en el sistema productivo, tanto en términos de calidad de la carne, momento de terminación y brindando estabilidad al sistema a través de su uso estratégico en momentos de baja disponibilidad de forraje.

A medida que se incluyen más alimentos concentrados energéticos en situaciones de alta oferta como en verdes invernales, puede ocurrir sustitución⁶, ya que el animal podría dejar de consumir forraje para consumir grano. En situaciones donde sí es restringida la oferta de forraje, incluir suplementos puede ser tomado como una estrategia para mantener la carga. La relación entre el suplemento y el efecto que provoca el mismo en la pastura es altamente dependiente de la calidad de la misma. Además de la cantidad, la calidad también cumple un rol importante ya que en pasturas de alta calidad, el efecto sustitución aparece a niveles de suplementación en torno a 0,5 y 1% del peso vivo, mientras tanto en pasturas de baja calidad niveles de suplementación más cercanos al 1%PV generan efectos de adición⁷ y algo de sustitución, pero una ganancia individual menor (Vaz Martins, 1997).

En el caso de los verdes, Elizalde y Santini (1992) sostienen que la importancia de los carbohidratos solubles está en cómo afectan la fermentación en el rumen, proceso donde el animal obtiene el principal aporte de energía para producción y mantenimiento.

La degradabilidad en rumen del almidón de los cereales usados como suplemento pueden aumentar considerablemente la eficiencia de uso del N-NH₃ del rumen, el cual es transformado en proteína microbiana a causa del aumento de energía disponible en el rumen. Santini y Rearte (1997) sugieren que los granos con mayor degradabilidad en este nivel son: trigo, cebada, avena y centeno, maíz y sorgo, siendo estos dos últimos los menos degradables.

El aporte de proteína metabolizable (PM⁸) se compone por la suma de proteína microbiana + PNDR⁹. La PDR¹⁰ se degrada en rumen para la síntesis de P microbiana la cual pasa al intestino y se calcula que se absorbe un 64% de la misma. Mientras que la PNDR pasa directamente al intestino para su absorción, calculando que es absorbida un 80%. Finalmente, la PM es la que verdaderamente es absorbida en el intestino y que

⁶ Efecto sustitución: “es el caso en el que el consumo de suplemento deprime el consumo de forraje, sin mejorar la performance animal” (Lange, 1980, p. 74).

⁷ Efecto adición: “cuando el consumo de suplemento se agrega o suma al consumo actual del animal. Se da en casos en los que la cantidad de nutrientes provenientes de la pastura es reducida, ya sea debido a su cantidad, tiempo de acceso, digestibilidad, apetecibilidad.etc” (Lange, 1980, p.74).

⁸ PM: proteína metabolizable.

⁹ PNDR: proteína no degradable en rumen (by-pass).

¹⁰ PDR: proteína degradable en rumen.

el animal utiliza para su mantenimiento y crecimiento (National Research Council, 2001).

La recría es una categoría con altos requerimientos proteicos, 13-15% de la dieta (Echeverría et al., 2014). La respuesta a la suplementación proteica en animales sobre pasturas de alta calidad, depende de la degradabilidad de la misma. Este enfoque puede ser utilizado para asegurar mayor suministro de aminoácidos para el animal y lograr una mejor performance (Elizalde & Santini, 1992).

Según Catrileo y Rojas (1995), el grano de Lupino es una buena alternativa de suplementación dada sus características proteicas y energéticas, reportando 30-33% de proteína cruda y 3,03-3,20 Mcal/kg MS de energía metabolizable. Por esto mismo estos autores realizaron un experimento evaluando el suministro de grano de Lupino entero en novillos Angus y Hereford, obteniéndose ganancias superiores a 1 kg/día. Dixon y Hosking (1992) han reportado que un 80% de la proteína cruda es de alta degradabilidad ruminal.

Petterson (2000) especifica que la principal fuente de carbohidratos de la semilla de Lupino son los β -galactanos de la pared celular y la celulosa y hemicelulosa de la cáscara de la semilla. También se caracteriza por presentar alrededor de un 40% de polisacáridos no almidonosos y una baja concentración de almidón, lo que lo convierte en un excelente suplemento para rumiantes ya que el riesgo de acidosis es muy bajo.

Bergós y Errandonea (2020) experimentaron con 32 terneros Hereford, suplementando al 1% del PV con grano de sorgo molido como suplemento energético, pastoreando una mezcla de 75% de *Avena byzantina* y 25% de *Lolium multiflorum* obteniendo una ganancia media diaria de 0,667 kg/a/d en OF del 5%. A su vez, evaluaron la respuesta de dos suplementos energéticos-proteicos al 1% del PV (DDGS y grano de lupino partido), donde la ganancia media diaria alcanzó 0,871 y 0,976 kg/a/d ($P < 0,01$) respectivamente. La respuesta a la suplementación con grano de lupino fue de 0,430 kg/a/d obteniendo una eficiencia de conversión de 4,9:1.

Acland et al. (2023) suplementaron al 1% del PV con grano de lupino a 48 terneros Hereford, pastoreando raigrás durante el invierno. Determinaron que no existen diferencias entre la oferta de forraje y el consumo en kg de suplemento. Además, la suplementación tuvo un efecto significativo sobre la GMD independientemente de que la OF fuera 2,5% o 5% del PV y estuvo en torno al 1,05-1,15 kg/a/d sin diferencias significativas entre ofertas ($P > 0,05$). La eficiencia de conversión fue de 3,4 ($P > 0,05$).

2.4.1. Procesamiento del grano

El almidón de los granos de cereales es la principal fuente de energía utilizada en el engorde de ganado. Es clave optimizar su utilización para aumentar la eficiencia productiva (Cozzolino, 2000). El valor nutricional de los granos está determinado por sus características físicas y químicas que afectan la digestibilidad e interacciones en el

proceso digestivo. Existen varios tipos de procesado de grano, pero de ellos los más comunes son molido y quebrado (Corona & Mendoza, 2017).

Si bien el procesamiento del grano aumenta la digestibilidad del almidón, el mayor efecto es el cambio de sitio donde se digiere, aumentando este a nivel ruminal. La ocurrencia de esto es porque el almidón se encuentra recubierto por una capa proteica vítrea que se opone a la flora ruminal. En un estado posterior al procesamiento esta capa se rompe y aumenta el área específica donde actúan los microorganismos (Depetris, 2013).

Tabla 3

Procesamiento y digestibilidad del almidón del grano de maíz

Procesamiento	Digestibilidad del almidón en los distintos sitios de digestión (% Flujo)			
	Rumen	ID	IG	Tracto Total
Entero	58,9	-	33,3	-
Quebrado	68,9	46,7	55,5	87
Molido	78	56,3	40,0	93,2

Nota. Adaptado Santini y Elizalde (1993).

Se observa cómo a medida que el procesamiento del grano de maíz es más intensivo y por ende un tamaño de partícula menor, aumenta la digestibilidad en tracto total. Analizando lo que ocurre entre sitios, tanto el grano quebrado como el grano molido son digeridos en mayor proporción en el rumen en comparación con el grano entero, esto explicado por el rompimiento de la capa vítrea.

Rojas y Catrileo (1998) evaluaron si existen diferencias en ganancia de peso diaria, consumo, conversión del alimento y digestibilidad entre suministrar grano entero o molido de *Lupinus angustifolius* y *Lupinus alba*. Utilizando 29 novillos Hereford de 9 a 10 meses y 208 kg de peso vivo promedio, los cuales se encontraban estabulados. Concluyeron que el procesado del grano no provocó diferencias en ganancia de peso diaria, consumo y eficiencia de conversión del alimento, mientras que para la digestibilidad hubo promedialmente un mayor coeficiente a favor del grano entero.

Rojas y Catrileo (1998) remarcan que los resultados obtenidos concuerdan con lo estudiado por otros autores (Axelsen et al., 1979; Hawthorne & Fromm, 1977; May & Barker, 1984), donde la eficiencia de conversión no fue afectada por el procesamiento previo del grano. Por otra parte, el dato obtenido para digestibilidad contrasta con los resultados obtenidos por Valentine y Bartsch (1986), quienes encontraron que el grano entero presentaba menor digestibilidad.

Acosta et al. (2022) estudiaron el efecto del procesamiento del grano de lupino con 54 novillos Hereford de un peso vivo inicial promedio de 270 kg pastoreando sorgo forrajero BMR a una oferta de forraje 8%. La ganancia media diaria fue significativa entre suplementados y no suplementados pero no se encontraron diferencias significativas en la GMD para los tratamientos suplementados al 1% del PV con grano de lupino entero o quebrado, obteniendo 0,905 y 0,999 kg/a/d, respectivamente.

2.4.2. Método de suplementación (diaria vs. autoconsumo)

Existen múltiples trabajos realizados en la UPIC (Acland et al., 2023; Acosta et al., 2022; Bergós & Errandonea, 2020; D'Ambrosio et al., 2021) evaluando el grano de lupino como suplemento, teniendo como denominador en común entre ellos el nivel de suplementación al 1% del PV y el suministro diario de suplemento por la mañana pastoreando tanto como CN, verdes de verano y verdes de invierno.

Rovira y Velazco (2012) evaluaron cómo la forma de suministro del suplemento impacta sobre la performance. Para el experimento utilizaron 32 novillos Aberdeen Angus de sobre año de 345 kg sobre praderas y como suplemento ración comercial de engorde de novillos (12% proteína cruda). Hallaron que la suplementación diaria fue más eficiente desde el punto de vista biológico en comparación con la suplementación *ad libitum* en autoconsumo ya que presentó una mejor eficiencia de conversión del suplemento a peso vivo (6,4 vs 8,7, respectivamente). No obstante, en autoconsumo lograron GMD de 1,041 kg/a/d (0,800 kg/a/d en la suplementación diaria al 1% PV) explicado por un mayor consumo, el cual prácticamente duplicó al consumo de los animales en suplementación diaria. Este mayor consumo de los animales en autoconsumo se tradujo en un mayor desarrollo muscular de los mismos.

En otro experimento se evaluó el desempeño productivo de novillos de terminación sobre pradera a los cuales se suplemento de la siguiente manera: a) diariamente de lunes a viernes sin agregado de sal en la ración, b) en autoconsumo y 10% de sal en la ración y c) suplementación diaria de lunes a viernes con 10% de sal en la ración. Este no arrojó diferencias entre tratamientos en GMD ni en producción por hectárea. Rovira et al. (2009) concluyeron que “en condiciones del experimento, no existieron diferencias en desempeño productivo entre suministro diario o autoconsumo” (p. 103).

Henderson et al. (2015) midieron la GMD de terneras Hereford destetadas precozmente pastoreando sobre una pradera de *Cichorium intybus* y *Trifolium pratense* las cuales fueron suplementadas diariamente con ración comercial, y en autoconsumo sin uso de sal, encontrando diferencias en las GMD entre tratamientos siendo 0,631 kg/d y 0,987 kg/d, respectivamente. El método de suministro del suplemento afectó la performance (GMD) de las terneras y también el comportamiento ingestivo de las mismas en la pastura, mostrando una mejor eficiencia de conversión en torno a 4 kg/a/d a favor del autoconsumo *ad libitum*.

Álvarez et al. (2020) estudiaron la performance de 54 terneras Hereford pastoreando una mezcla de Alfalfa cv nobel 620 (*Medicago sativa*) y Festuca cv flecha (*Festuca arundinacea*) a una oferta de forraje del 2,5% del PV, en franjas con 7 días de ocupación. Para el trabajo se propuso evaluar el método de regulación en comederos de autoconsumo con un suplemento energético-proteico de DDGS. Para el tratamiento de la regulación manual obtuvieron que el consumo de materia seca del suplemento sea del 1,0% del PV y en la regulación con sal (NaCl 17% hasta la semana 6 y disminuyendo al 14,5% la concentración las semanas posteriores) el CMSS fue del 0,60% del PV. En cuanto a la GMD fue significativamente mayor para los tratamientos de autoconsumo con respecto al testigo sin suplementación (respuesta a la suplementación de 0,320 kg/a/d) pero no fue significativa la GMD 0,60 kg/a/d y 0,52 kg/a/d entre regulación manual y con sal, respectivamente, ni tampoco lo fue la eficiencia de conversión del suplemento que estuvo entorno al rango de 5-6:1.

García et al. (2024) evaluaron la performance animal en 64 novillos Hereford de 246 kg PV inicial en promedio pastoreando sorgo forrajero al 8% PV, suplementados *ad libitum* con grano de lupino quebrado durante el horario de encierro (10:00 h y 17:00 h). Obtuvieron una GMD de 0,9706 kg/a/d para los suplementados y de 0,5539 kg/a/d para el testigo no suplementado ($P < 0,01$). La respuesta a la suplementación fue alta de 0,417 kg/a/d y la eficiencia de conversión del suplemento resultó de 6,8:1. No obstante el estudio de la performance de novillos pastoreando sorgo forrajero, suplementados a voluntad con grano de lupino quebrado se encuentra limitado en el análisis porque el suplemento no estaba disponible durante las 24 h y 7 d en la parcela de pastoreo.

Habiendo visto las ventajas operativas del uso de comederos de autoconsumo con otros suplementos energéticos-proteicos y las características del lupino como alimento no almidonoso, con alto contenido proteico parece conveniente plantear la hipótesis en cuanto a la viabilidad de suplementar con grano de lupino a categorías de recría pastoreando con oferta restringida, con comederos de autoconsumo *ad libitum* y generar coeficientes técnicos describiendo la respuesta en performance animal y eficiencia de uso del alimento (Simeone et al., 2024).

2.5. HIPÓTESIS

La suplementación con grano de lupino en terneras pastoreando raigrás Bill max, a una oferta de forraje de 2,5 kg MS/100 kg PV durante el invierno mejorara el crecimiento animal durante invierno.

Sin embargo, el método de suministro (suplementación diaria a razón del 1% PV vs autoconsumo a voluntad) podría modificar la respuesta a la suplementación evaluada en términos de ganancia de peso vivo y la eficiencia de conversión del suplemento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL

El experimento se situó en la Unidad de Producción Intensiva de Carne “UPIC” de la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) Facultad de Agronomía en el departamento de Paysandú. Se realizó durante el invierno 2023 entre el 4 de julio y el 27 de septiembre.

3.2. SUELO

El área experimental se encuentra sobre la formación Fray Bentos, dentro de la unidad San Manuel, en suelos de tipo brunosoles éutricos típicos de textura limo arcilloso, de drenaje moderado, se encuentran suelos asociados de tipo brunosoles éutricos lúvicos y solonetz solodizados melánicos. Presenta un relieve de lomadas suaves, pendientes moderadas y como material generador, sedimentos limosos consolidados (Durán, 1991).

3.3. CLIMA

Durante el período experimental se registró la ocurrencia de precipitaciones las cuales fueron en total de 242 mm, mientras que la temperatura promedio fue de 13,7 °C. En el cuadro No 4 se muestran los datos mensuales sobre precipitaciones y temperaturas registrados por la estación meteorológica de la EEMAC.

Tabla 4

Registros mensuales de temperatura y precipitaciones durante el periodo experimenta

	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.
Temperatura mínima	9,4	8,9	8	10
Temperatura máxima (°C)	17,6	16,7	19,4	19,2
Temperatura media (°C)	13,6	12,7	13,8	14,6
Precipitaciones (mm)	57	91,2	20,6	73,6

Nota. Adaptado de D. Gandolfo (comunicación personal, 29 de diciembre, 2023).

3.4. PASTURA Y SUPLEMENTO

El pastoreo se llevó a cabo en un área de 8 hectáreas, sobre un verdeo de raigrás *Lolium multiflorum* cv. Bill max, tetraploide Westerwoldicum. El manejo del mismo se detalla en Tabla 5.

Tabla 5
Manejo del verdeo de invierno

MANEJO	Raigrás Bill max tetraploide Westerwoldicum
Fecha de siembra	22/04/2023
Densidad de siembra (kg/ha)	25
Superficie (ha)	8
Herbicidas usados	Glifosato, 2,4-D amina
Fertilización inicial, kg/ha Fosfato di-amónico (18-46/46-0)	100
Refertilizaciones, kg/ha UREA (46-0/0-0)	100

Como suplemento se utilizó grano de lupino quebrado (*Lupinus angustifolius*) proveniente del establecimiento comercial “El Cerro”. En el Tabla 6 se detalla la composición química de la pastura y del grano de lupino.

Tabla 6

Análisis químico de la pastura y del grano de lupino quebrado (valores promedio periodo experimental)

Determinaciones	PASTURA	LUPINO
MS (%)	13,1	90,9
CENIZAS (%)	13,9	4,6
PC (%)	17,1	34,5
FDN (%)	46,5	33,7
FDA (%)	23,4	21,0
EE (%)	3,9	6,6

Nota. Materia seca (MS), cenizas (C), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas (aFDNmo), fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDAmo) y extracto al éter (EE).

3.5. ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Se utilizaron treinta y seis terneras de genética Hereford provenientes del rodeo experimental de la EEMAC, nacidas en la primavera de 2022. Las terneras, con un peso promedio de 174 ± 18 kg, fueron bloqueadas por peso vivo al inicio del periodo pre experimental (livianas, medias y pesadas) y sorteadas dentro de bloque a uno de los tres tratamientos:

- Pastoreo de raigrás sin suplementación (Testigo).
- Pastoreo de raigrás más suplementación diaria con grano de lupino quebrado a razón de 1 kg de MS/100 kg de peso vivo (SD).
- Pastoreo de raigrás más suplementación con grano de lupino quebrado en comederos de autoconsumo con oferta de grano *ad libitum* (AC).

Todos los tratamientos pastorearon con una oferta de forraje de 2,5 kg de MS/100 kg de peso vivo.

Cada tratamiento quedó constituido por tres repeticiones (n=3), cada repetición integrada por 4 terneras pastoreando una parcela independiente, un total de 9 parcelas.

3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.6.1. Periodo pre-experimental

El acostumbramiento gradual al consumo de concentrado constituye un aspecto fundamental cuando se aplica una estrategia de suplementación en ganado de carne. Aun cuando se utilice un comedero de autoconsumo para realizar la suplementación, los animales deben de ser previamente introducidos al consumo de concentrado en forma diaria por un periodo de 3 días, como es planteado por el protocolo UPIC (Simeone & Beretta, 2006).

Entre el 21/06/2023 y el 23/06/2023 se realizó el acostumbramiento en el potrero 31 B de la EEMAC al total del lote (36 terneras) introducidas gradualmente al consumo de concentrado en una dieta basada en 7,5 kg de henilaje de moha en base fresca, al cual se le fueron adicionando diariamente 0,5 kg en base fresca de grano de lupino hasta alcanzar los 2 kg BF/a/d.

El 24/06/2023 las terneras fueron trasladadas a la UPIC, discriminadas por tratamiento (testigo, SD y AC), pasando a pastorear el raigrás a una OF del 3% del PV; las terneras de SD fueron las suplementadas a diario con grano de lupino al 1% del PV, y las pertenecientes a AC recibieron el suplemento en los comederos de autoconsumo también a razón del 1,0% del PV todos los días. Este procedimiento tuvo como objetivo que las terneras formarán. Una vez estabilizados los consumos y pesadas, las terneras dentro de los tratamientos se separaron en los bloques correspondientes, dando comienzo al período experimental el día 04/07/2023.

3.6.2. Manejo del pastoreo y la suplementación

Durante el periodo experimental se realizó pastoreo rotativo en franjas con 7 días de ocupación. La oferta de forraje se ajustó semanalmente variando el área de la parcela en base a la materia seca disponible y el último peso vivo promedio registrado para cada repetición.

Para el tratamiento SD se proporcionó grano de Lupino quebrado a razón del 1% del peso vivo. El mismo se calculaba en base al último peso promedio por unidad experimental, y se suministraba diariamente en dos comederos ubicados en las parcelas. Estos comederos presentaron un tamaño de 1m x 0,68m. De esta forma, se lograba 2 metros de frente de ataque de tal forma que no hubiera competencia entre los animales al momento del suministro. Para el tratamiento AC, el día de cambio de franja, se suministraba suplemento para toda la semana. Este se calculaba como el 1% del último peso vivo multiplicado por dos y posteriormente multiplicado por 7 días. De esta forma asegurar el consumo *ad libitum* del tratamiento. Los comederos de autoconsumo presentaron una medida de 1m de frente de ataque por 0,75m de profundidad con una capacidad de 250 kilogramos de concentrado aproximadamente. Para este caso la competencia no fue tomada en cuenta ya que el suplemento estaba disponible todo el día y no se observaron relaciones de dominancia entre terneras.

3.7. REGISTROS, MEDICIONES Y MUESTREOS

3.7.1. Animales

El peso vivo se registró cada 14 días, siempre temprano en la mañana, con previo ayuno de 12 horas, sin orden de ingreso predeterminado, mezclados todos los tratamientos. La altura al anca se determinó a inicio y fin del periodo experimental.

3.7.2. Suplemento

La medición del consumo de suplemento se realizó en cada parcela como la diferencia entre lo ofrecido y el rechazado, y fue expresado en base diaria y por animal. El muestreo de suplemento ofrecido se llevó a cabo a la hora de abrir los bolsones, las muestras fueron secadas a estufa y pesadas para determinar el porcentaje de MS del grano de lupino. De esta forma se corregía por base fresca la cantidad ofrecida cada 14 días, posterior a cada pesada.

3.7.3. Pastura

Se determinó semanalmente la altura y biomasa de forraje disponible, para ajustar la oferta de forraje mediante la técnica de doble muestreo (Haydock & Shaw, 1975). El mismo consistió en el marcado de una escala de tres estratos, en función de la cantidad de biomasa aérea, con repetición, las que fueron cortadas con tijera al ras del suelo utilizando un cuadro de 20 x 50 cm para definir un área conocida. En base a dichas escalas, se realizaron 30 registros de apreciación de la biomasa por parcela, en forma aleatoria a efecto de determinar la frecuencia de aparición de cada punto de la escala. Sobre las muestras de cada escala se registró la altura en cinco puntos de la diagonal. Las muestras fueron secadas durante 48 horas en estufa de aire forzado a 60°C y conservadas para su posterior procesamiento para análisis químico.

3.7.4. Producción de carne y carga

La producción de carne por unidad de área se calculó restando el peso de los animales al inicio del período del peso final y dividiendo esta diferencia entre la superficie de pastoreo ganadera (SPG) de cada bloque. La carga ganadera se obtuvo dividiendo el peso promedio total de los animales por el valor de una unidad ganadera (380 kg PV), y luego dividiendo este resultado por la SPG para determinar la carga ganadera por hectárea.

3.8. MANEJO SANITARIO

El día 21 de junio se dosificó con un antiparasitario inyectable a todo el rodeo. Puntualmente, en 20 de septiembre se le suministro a una ternera antibióticos debido a una enfermedad infecciosa llamada actinobacilosis, mejor conocida como lengua de palo.

3.9. ANÁLISIS QUÍMICOS

Las muestras secas de forraje y suplemento fueron molidas en molino de martillo “Willey Mill” (malla 1 mm). Se realizó una muestra compuesta por fecha 04/07/2023, 01/08/2023 y 29/08/2023 elegidas para representar la pastura durante el experimento, las cuales se analizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía en Montevideo.

Se realizó el análisis químico para determinar el contenido de materia seca (MS) por secado a 105 ° C (Helrich, 1990), cenizas (C) (Horwitz & Latimer, 2007) y Nitrógeno Total con (Kjeldahl) según Horwitz y Latimer (2007). El contenido de fibra detergente neutro utilizando alfa amilasa y corregida por cenizas (aFDNmo) y fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDAmo) fueron determinados con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, N.Y) de forma secuencial (Van Soest et al., 1991) y para extracto al éter (EE) se utilizó la metodología AOAC por Latimer (2012).

3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los registros de peso vivo, consumo de materia seca de suplemento, cambios en la condición y composición de la pastura (disponibilidad, altura a la entrada y salida, utilización de forraje) fueron analizados según un diseño en bloque completos al azar, con medidas repetidas en el tiempo utilizando el procedimiento Mixed del software SAS y considerado a la parcela de pastoreo como unidad experimental.

El peso vivo y la ganancia diaria estimada fueron analizados utilizando un modelo general que incluye:

$$Y_{ijk} = \beta_0 + \gamma_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij} + \beta_1 d_k + \beta_1 \alpha_{jdk} + \delta_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : es el peso vivo.

β_0 : es el intercepto.

γ_i : es el efecto del i-ésimo bloque de peso vivo (1, 2, 3).

α_j : es el efecto de la j-ésimo tratamiento (1, 2, 3).

ε_{ij} : es el error experimental (entre animales). Este término captura la variabilidad en la variable de respuesta no explicada por los bloques y tratamientos.

β_1 : es la pendiente promedio (ganancia diaria) del peso vivo en función de los días (d_k).

$\beta_1 j$: pendiente del peso vivo en función de los días (d_k) para cada tratamiento (α_j).

δ_{ijk} : es el error de la medida repetida (dentro de animales).

Las variables continuas con medidas repetidas en el tiempo, como las asociadas a la pastura y consumo de suplemento se analizaron utilizando el procedimiento Mixed de SAS según el modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + \gamma_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij} + M_k + (\alpha M)_{jk} + \delta_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijklm} : variable de respuesta del peso vivo.

μ : media poblacional. Es el valor promedio de la variable de respuesta en ausencia de otros efectos.

γ_i : es el efecto del i -ésimo bloque de peso vivo (1, 2, 3). Este término ajusta por el efecto de pertenecer a un bloque específico.

α_j es el efecto de la j -ésimo tratamiento (1, 2, 3).

ε_{ij} es el error experimental (entre animales).

M_k : Efecto relativo al m -ésimo momento de medición. Este término captura la variabilidad asociada a los diferentes momentos o días en que se toman las medidas.

δ_{ijk} : Error experimental del i -ésimo tratamiento, j -ésima repetición y k -ésimo momento de medición. Permite evaluar cómo el efecto del tratamiento varía en diferentes momentos de medición.

El peso vivo final y eficiencia de conversión del suplemento fueron analizadas según el modelo.

$$Y_{ijkm} = \mu + \gamma_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : variable de respuesta (peso vivo final o eficiencia de conversión del suplemento).

μ : media poblacional.

γ_i : es el efecto del i -ésimo bloque de peso vivo (1, 2, 3).

α_j es el efecto de la j -ésimo tratamiento (1, 2, 3).

ε_{ij} es el error experimental (entre animales).

Se consideraron diferencias significativas cuando $P \leq 0,05$, muy significativo cuando $P < 0,01$ y tendencia cuando P se ubicó entre 0,05 y 0,1.

Cuando el efecto de tratamiento fue significativo, las medias de tratamientos fueron comparadas mediante contrastes ortogonales (t-1), cuantificando el efecto de la suplementación (testigo vs suplementación) y el efecto en el método de suministro del suplemento (diario vs autoconsumo).

4. RESULTADOS

4.1. CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL

En el Tabla 7 se muestra la media de temperaturas y precipitaciones ocurridas durante el período experimental.

Tabla 7

Registro de temperaturas y precipitaciones medias históricas y ocurridas durante el transcurso del experimento

Variables	JUL.	AGOS.	SEPT.
Temperatura media (°C)	12,7	13,8	14,6
Temperatura media histórica (°C)	11,7 (±5,79) *	13,1 (±5,79)	15,1 (±5,77)
Precipitaciones (mm)	91,2	20,6	73,6
Precipitaciones medias históricas (mm)	69,0 (± 13,96)**	108,4 (± 13,96)	103,5 (±13,97)

Nota. * Desvío estándar de la media histórica de temperatura. **Desvío estándar de la media histórica de precipitaciones. Adaptado de D. Gandolfo (comunicación personal, 29 de diciembre, 2023) y F. Bauza (comunicación personal, 28 de junio, 2024).

Las temperaturas medias durante el transcurso del experimento se mantuvieron dentro de los rangos y desvíos históricos pudiéndose afirmar que fue un año promedio en este aspecto.

Shearer y Bray (1995) expresan que entre los 6°C y 21°C los bovinos mantienen su temperatura interna sin realizar un gasto extra de energía, los autores denominan este rango zona de confort térmico.

En el Tabla 4 se observa que, durante el período experimental, las temperaturas mínimas y máximas se mantuvieron dentro de un rango de confort térmico, lo cual no habría afectado negativamente la productividad del lote.

Si se analizan los datos de precipitaciones en el mes de Julio, estas fueron superiores a la media histórica, mientras que para los meses de agosto y septiembre estas se mantuvieron por debajo de los datos históricos y sus respectivos desvíos. No obstante, no se originaron problemas observables de barro que estropeen la pastura o perjudiquen el bienestar animal.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA

La composición química del forraje ofrecido promedio para el período experimental fue de 13,1% MS, 17,1% PC, 46,5% FDN, 23,4% FDA, 13,9% de cenizas y 3,9% EE. La digestibilidad de la MS de la pastura fue 71% [DMS= $88,9 - (\%FDA \times 0,779)$; Di Marco, 1993], y un contenido estimado de EM de 2,55 Mcal/kg MS [(EM, Mcal/kg MS = $3,20 - 0,028 \times \%FDA$,); Rohweder et al., 1978].

En el Tabla 8 se presenta el efecto de tratamiento, semana de muestreo y la interacción entre ambos sobre las características de la pastura de raigrás pre y post pastoreo.

Tabla 8

Efecto tratamiento y semana sobre la biomasa y altura de forraje disponible, remanente y utilización

	Tratamientos				Prob F			Contrastes	
	Testigo	SD	AC	EE	T	S	TxS	SUPL vs Testigo	AC vs SD
Biomasa entrada (kg MS/ha)	3535	3567	3452	157,7 6	ns	**	ns	ns	ns
Altura biomasa entrada (cm)	30,10	28,40	28,43	1,15	ns	**	ns	ns	ns
Biomasa remanente (kg MS/ha)	1142	1342	1764	66,41	**	**	ns	**	*
Altura remanente (cm)	9,93	10,80	13,50	0,71	ns	**	ns	ns	ns
Utilización del forraje (%)	64,4	60,3	47,2	2,80	*	**	ns	*	*

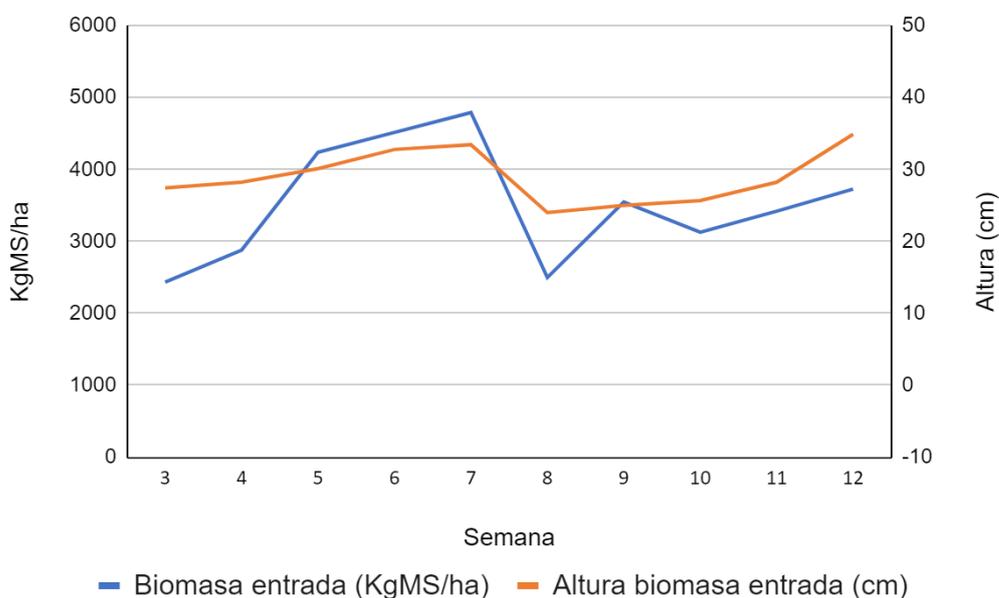
Nota. SD: suplementación diaria; AC: autoconsumo; EE: error estándar; T: tratamiento; S: semana, T×S: interacción tratamiento por semana. a, b: medidas en la misma fila seguidas de letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$). Significancia de los efectos: ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$; ns $P > 0,05$

4.2.1. Biomasa y altura de entrada

La biomasa de forraje y altura de la pastura pre pastoreo, no mostraron diferencias significativas entre tratamiento ($P > 0,05$), solo fueron afectadas por la semana de muestreo (Tabla No. 8). En la Figura No. 1 se puede observar la evolución de la biomasa y altura de entrada a lo largo de las semanas del experimento.

Figura 1

Evolución de la altura y biomasa ofrecida (entrada) durante el experimento



La evolución de la biomasa y altura de la pastura pre pastoreo fue independiente del efecto entre tratamiento (Figura No. 1; Tabla 8). En promedio la biomasa pre pastoreo fue de 3518 ± 814 kg MS/ha, mientras que la variable altura tuvo un promedio de 29 ± 4 cm de altura. Conforme transcurrieron las semanas la biomasa de entrada mostró una tendencia de aumento explicada por el crecimiento de la pastura. Los máximos disponibles ($P < 0,05$) se alcanzaron en las semanas 6 y 7, de 4790 y 4515 kg MS/ha respectivamente; correspondiendo el decremento ocurrido en la semana 8 al comienzo del segundo pastoreo de la franja.

4.2.2. Biomasa y altura del remanente

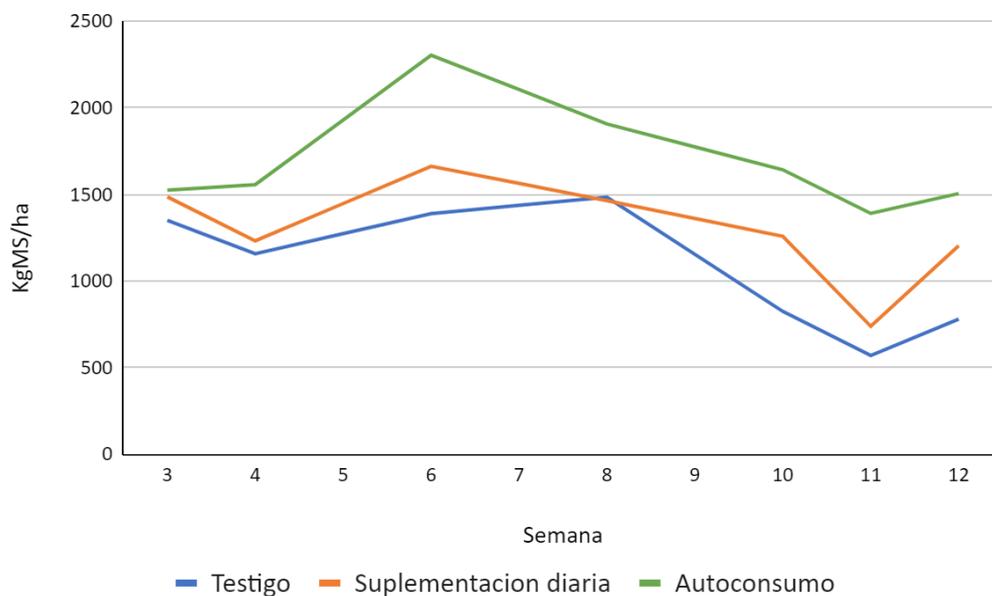
La biomasa remanente fue afectada por el tratamiento ($P < 0,01$) y por la semana ($P < 0,01$), no observándose el efecto de la interacción $T \times S$.

La biomasa remanente fue afectada muy significativamente por el tratamiento; resultando menor para el testigo en contraste con los suplementados (T: 1142 kgMS/ha vs S: 1553 kgMS/ha; $P < 0,01$) y dentro de estos últimos, la suplementación diaria resultó

en menor valor de biomasa remanente en comparación con la observada cuando se suplementó en autoconsumo (Tabla No. 8).

Figura 2

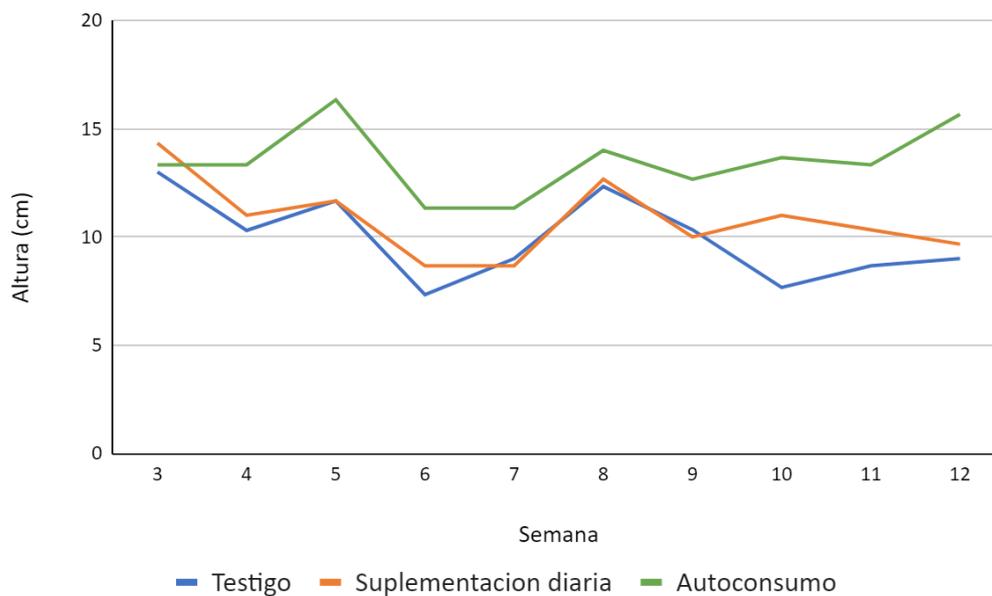
Evolución de la biomasa remanente de cada tratamiento a lo largo de las semanas



El análisis estadístico de la altura de remanente obtenida no presentó diferencias entre tratamientos ($P > 0,05$). A pesar de esto, se puede observar que el tratamiento AC tendió a dejar remanentes de mayor altura, mientras que el Testigo fue el de menor valor de esta variable.

Figura 3

Evolución de la altura de los remanentes de cada tratamiento durante el experimento

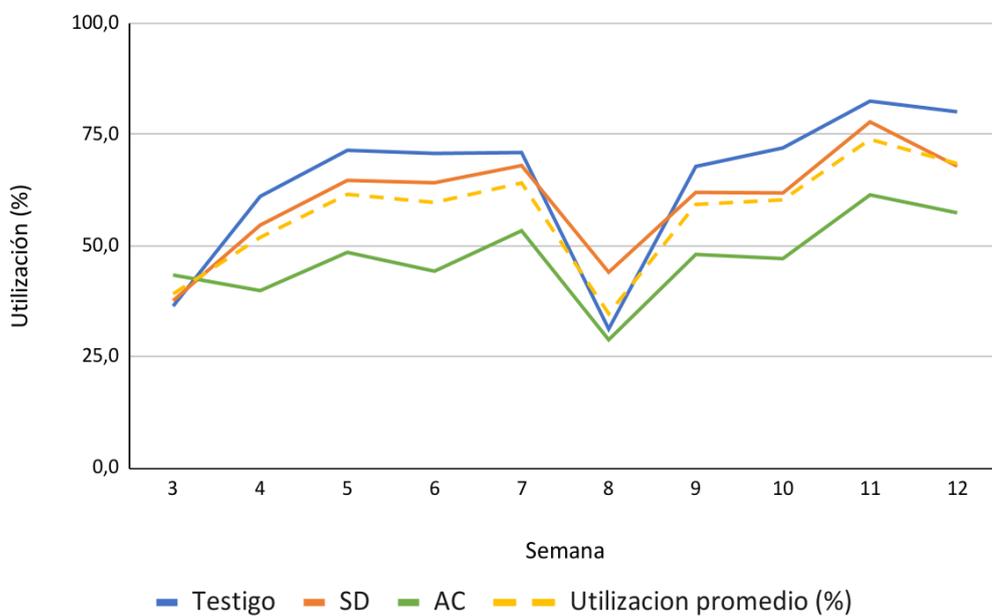


4.2.3. Utilización de forraje

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de utilización de forraje por el efecto de los tratamientos ($P < 0,05$).

Figura 4

Utilización de forraje durante el experimento



El contraste ortogonal del testigo vs suplementados fue significativo ($P < 0,05$) en el porcentaje de utilización del forraje (T: 64,45% vs S: 53,75%). Además, presenta diferencias significativas para el método de suministro del suplemento (AC: 47,22% vs SD: 60,28%; $P < 0,05$).

Con respecto al efecto semana, el porcentaje de utilización de forraje tuvo diferencias muy significativas ($P < 0,01$), un máximo de 73,94% y 68,48% ($P < 0,05$) de utilización de forraje para las semana 11 y 12 respectivamente. En cuanto al mínimo de utilización de forraje corresponde para la semana 8, con un 34,71%. Este valor mínimo corresponde a la semana que presente una menor altura de entrada de los animales. Lo que resulta en una menor utilización dado el horizonte de pastoreo presente.

4.3. CONSUMO, GANANCIA DE PESO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

4.3.1. Consumo de forraje y suplemento

El consumo promedio diario de forraje y suplemento expresados en kg MS/a/d totalizan el consumo de materia seca para cada tratamiento en promedio para el periodo experimental (Tabla 9).

Tabla 9

Efecto de la suplementación y método de suministro sobre el consumo forraje, suplemento y total

	Tratamientos			EE	P Valor
	Testigo	SD	AC		
Consumo (kg MS/a/d)					
Forraje	3,45	3,50	2,84	0,19	ns
Suplemento	--	2,10	3,90	0,062	**
Total	3,45	5,60	6,74	0,18	**

Nota. Significancia de los efectos: ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$; ns $P > 0,05$.

El consumo de MS total durante el experimento tuvo diferencias muy significativas debidas a los tratamientos, como resultado de que el consumo de suplemento expresado en kg MS por animal por día presentó diferencias muy significativas entre los tratamientos ($P < 0,01$). El método de suministro del grano afectó muy significativamente el consumo de MS de suplemento (CMSS) a favor del AC ($P < 0,01$). No se observó diferencias significativas entre suplementados vs testigo ni en AC vs SD ($P > 0,05$) en el consumo de forraje (kg MS/a/d).

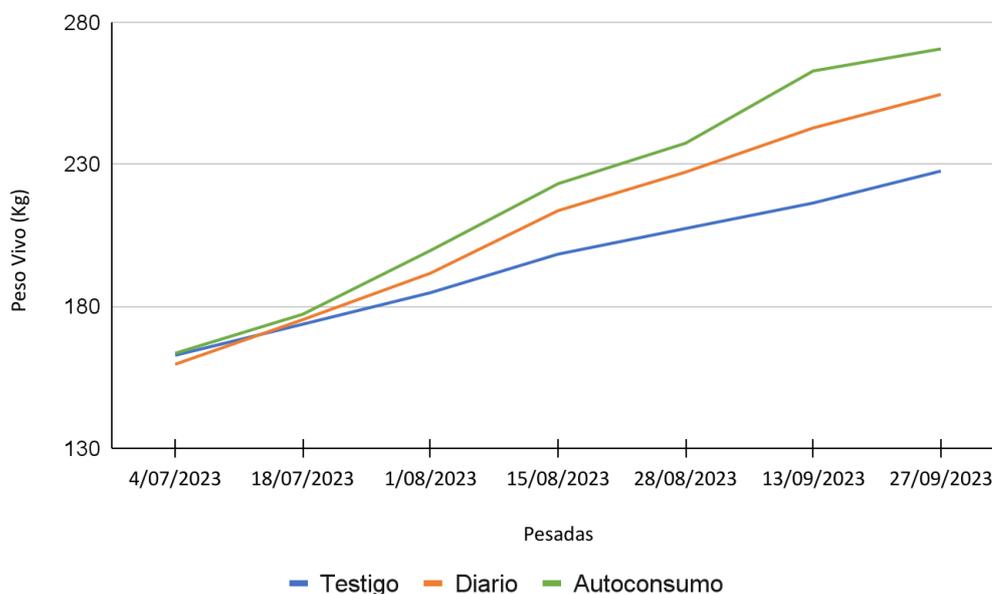
4.3.2. Ganancia de peso y eficiencia de conversión

La ganancia media diaria fue afectada muy significativamente por los tratamientos ($P < 0,01$). Se observa una respuesta lineal para los tres tratamientos diferenciándose en la

pendiente de cada uno acentuándose cada vez más la diferencia hacia el final del periodo experimental como consecuencia de una mayor acumulación del peso vivo (Figura No. 5).

Figura 5

Evolución del peso vivo (kg) de los tratamientos durante el transcurso del experimento



En las condiciones experimentales y comparando con los antecedentes expuestos la GMD del tratamiento testigo fue relativamente alta. La misma resultó mayor para los tratamientos suplementados en comparación al testigo (T: 0,7398 kg/a/d vs S: 1,212 kg/a/d; $P < 0,01$) y a su vez entre los suplementados fue significativamente mayor para AC; una diferencia de 0,174 kg/a/d respecto a SD ($P < 0,05$). (Tabla 10).

Tabla 10

Efecto de la suplementación con lupino y del método de suministro sobre el crecimiento animal

	Tratamientos			EE	Prob F	Supl vs Testigo	SD vs AC
	Testigo	SD	AC				
Peso vivo inicial (kg)	163	160	163	1,59	ns	0,5602	0,1600
Peso vivo final (kg)	228	255	271	3,90	**	0,0018	0,0440
GMD (kg/a/día)	0,74	1,13	1,30	0,051	**	<0,0001	0,0366

Nota. a, b: medidas en la misma fila seguidas de letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$). Significancia de los efectos: ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$; ns $P > 0,05$.

La respuesta a la suplementación (Tabla 11) fue significativamente mayor a nivel estadístico para el método de suministro de autoconsumo respecto al diario (0,570 kg/a/d vs 0,380 kg/a/d; $P < 0,05$).

Tabla 11

Efecto del método de suministro sobre la respuesta a la suplementación y la ECS

	Tratamientos		EE	Prob F	SD vs AC
	SD	AC			
Resp. a la suplementación (kg/a/d)	0,38	0,57	0,029	*	0,042
ECS	5,73	6,85	0,369	ns	0,164

La eficiencia de conversión del suplemento (ECS), representa la cantidad de suplemento consumido, por cada kg adicional de peso vivo ganado respecto a los animales que no reciben suplemento (Simeone et al., 2013). No obstante, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas para la ECS entre los métodos de suministro de grano de lupino SD y AC (SD: 5,73 vs AC: 6,85; $P > 0,05$). (Tabla 11).

4.3.3. Producción de carne y carga animal

Tabla 12

Producción de carne y evolución de la carga en los distintos tratamientos.

Indicadores	T	SD	AC
SPG (ha)	0,31	0,29	0,32
Carga inicial (UG/ha)	5,49	5,28	5,45
Carga final (UG/ha)	7,11	8,02	8,78
Producción de Carne (kg/ha)	616	1039	1264

Nota. UG: Unidad ganadera (380 kg PV). SPG: Superficie de pastoreo ganadera de cada franja sin considerar el área que se repastoreó.

Como se puede ver en el Tabla 12 el incluir grano de lupino, ya sea suministrado diariamente o en autoconsumo, tuvo un efecto claro en la performance animal, siendo la producción promedio de los suplementados aproximadamente 500 kg/ha por sobre los testigos. Así mismo, entre ambos suplementados el tratamiento AC logra producir en torno a 200 kg/ha más que SD.

Utilizar una oferta de forraje del 2,5% PV en una pastura con buena disponibilidad, desencadenó que las SPG de los tratamientos no superen valores de 0,35 ha, resultando la carga promedio de 6,69 UG/ha durante la totalidad del período experimental.

5. DISCUSIÓN

5.1. RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN CON LUPINO

La respuesta a la suplementación con grano de lupino fue de 0,47 kg/a/d (promedio de los suplementados). Los tratamientos evaluados con suplementación concretaron una GMD de 1,21 kg/a/d (Tabla 10). Este resultado está en concordancia con los datos presentados por Acland et al. (2023), donde terneros pastoreando a la misma oferta y con suplementación de grano de lupino al 1% PV resultó en ganancias de 1,05 kg/a/d y de una respuesta a la suplementación 0,630 kg/a/d. Por otro lado, Bergós y Errandonea (2020) con una oferta de forraje de 5% del PV, obtuvieron una GMD para el tratamiento con suplementación con grano lupino al 1% del peso vivo de 0,946 kg/a/d, con una respuesta a la suplementación de 0,43 kg/a/día.

Como resultado de las diferencias en GMD, el peso vivo al final del invierno fue 15,4% superior al de los testigos (Tabla 10).

Las respuestas observadas ratifican la primera hipótesis planteada, siendo consecuencia de un incremento en el consumo de energía y proteína metabolizables aportado por el lupino (Tabla 13).

Tabla 13

Consumo diario promedio de Energía Metabolizable (Mcal/a/d) y Proteína cruda (kg/a/d) estimado para cada tratamiento

	Tratamientos		
	Testigo	SD	AC
Consumo			
EM forraje (Mcal/a/d)	8,77	8,90	7,23
PC forraje (kg/a/d)	0,59	0,60	0,49
EM lupino (Mcal/a/d)	-	5,81	10,78
PC lupino (kg/a/d)	-	0,72	1,34
EM total (Mcal/a/d)	8,77	14,71	18,01
PC total (kg/a/d)	0,59	1,32	1,83
PM total (g/a/d)	184,9	449,4	626,2

Nota. EM: Energía Metabolizable; PC: Proteína Cruda; PM: Proteína metabolizable consumida. La EM del suplemento fue de 2,77 Mcal/kgMS del concentrado [(EM(Mcal/kgMS) = 3,5 – 0,035 * %FDA); Menke y Steingass (1988)]. El aporte de la PM de las dietas de los tratamientos se estimó mediante: [PMi(g/día) = [MTPd + UDPd, g/kgMS] * CMS(kg/día); Alderman (1996)]

El consumo del suplemento grano de lupino es un factor determinante en la ganancia media diaria y en el peso vivo final de los tratamientos, porque las terneras lograron un consumo mayor de materia seca total y por lo tanto un mayor consumo de energía y proteína metabolizable. Según Orcasberro (1997) el consumo de suplemento

les permite a los animales aumentar el consumo total de nutrientes y como resultado también mayores ganancias de peso.

La suplementación con grano de lupino aumenta el aporte de energía fermentable y proteína en el rumen, requerimientos necesarios para la síntesis microbiana y poder aumentar la GMD. La menor utilización del forraje por parte de los tratamientos suplementados promovió un menor consumo de PC proveniente de la pastura causado por un efecto sustitución, respaldado por una mayor biomasa remanente de estos en comparación con el testigo.

5.2. EFECTO DEL MÉTODO DE SUMINISTRO

El método de suministro del grano de lupino, determinó una diferencia significativa en ganancia media diaria (SD: 1,13 kg/a/d vs AC: 1,30 kg/a/d) y por consiguiente en el peso vivo final, sin detectarse diferencias estadísticas en la ECS (SD: 5,73 y AC: 6,85). Si bien la respuesta a la suplementación fue mayor en AC (SD: 0,38 kg/a/d vs AC: 0,57 kg/a/d) el consumo del grano de lupino suministrado *ad libitum* en la franja de pastoreo fue significativamente mayor en comparación con el tratamiento de suplementación diaria. Estos resultados, ratifican la segunda hipótesis planteada, en cuanto a que la respuesta a la suplementación con Lupino, podría variar según el método de suministro empleado y esto afecto la cantidad de suplemento consumida por las terneras.

Bergós y Errandonea (2020) relevaron ECS de 4,9:1 suplementando 32 terneras Hereford que pastoreaban en franjas semanales a una oferta de 5% del PV suplementadas con grano de lupino a razón del 1% del PV.

Acland et al. (2023) obtuvieron una ECS en torno al 3,38:1 con terneros Hereford de 187,3 kg de PV inicial para el tratamiento a una oferta de forraje del 2,5% PV en raigrás Bill max y suplementados diariamente al 1% del PV con grano de lupino.

La producción de carne (kg/ha) obtuvo una diferencia dependiendo del método de suministro utilizado, siendo mayor para el tratamiento por el cual el suplemento fue ofrecido *ad libitum* en comederos en comparación con la suplementación diaria a razón del 1% del PV. Esto determinó una mayor carga en UG/ha. Esto es atribuible a la mayor ganancia de peso del mismo, ya que al comparar la superficie de pastoreo ganadero son relativamente similares.

Los tratamientos suplementados, no presentaron diferencias estadísticamente significativas en el consumo de forraje ($P > 0,05$) debido al método de suministro, pero si se analizan los datos numéricos de consumo existió una tendencia que se ve reflejada en un menor consumo de forraje del tratamiento autoconsumo con respecto a la suplementación diaria ($P = 0,0715$). El menor consumo de forraje del tratamiento AC no significó un menor consumo de nutrientes, porque el consumo de suplemento fue superior, por lo cual el consumo de energía metabolizable y proteína metabolizable resultaron mayores en AC con respecto al tratamiento de SD (Tabla 13).

La tasa de sustitución estimada (kg de forraje que deja de consumir el animal por consumir suplemento) no se observó para el tratamiento SD, de hecho, hubo una diferencia de 50 g a favor de SD con respecto al testigo ($TS^{11} = -0,0235$). Eventualmente evidenciando un efecto de adición con estímulo para el tratamiento de suplementación diaria al 1% del peso vivo, porque aumenta numéricamente el consumo de forraje y el consumo de materia seca total. Para el tratamiento autoconsumo el efecto fue de adición y sustitución ($TS = 0,1556$) ya que el animal deja de consumir forraje para consumir suplemento, pero la materia seca total consumida fue mayor a la del testigo.

No obstante, el método de suministro implicó diferencias significativas en la utilización de forraje (SD: 60,3% vs AC: 47,2%), para Pordomingo (2003) se pueden observar efectos en la relación de consumo entre la pastura y el suplemento, para este caso particular, disminuyendo el porcentaje de utilización de forraje, que explicaría la tendencia al menor consumo de forraje del tratamiento AC vs SD.

La ECS según Bergós y Errandonea (2020) y Acland et al. (2023) que al suplementar diariamente al 1% del PV con grano de lupino, presentaron valores de 3-5:1. En comparación al presente trabajo la ECS fue mayor. En este caso, no se presentó una diferencia estadísticamente significativa entre métodos de suministro, pero sí una tendencia numérica del tratamiento AC a presentar una mayor ECS. Que llevándolo a un rodeo comercial puede generar un mayor gasto en suplemento al establecimiento.

Sin embargo, al implementar estos métodos en la práctica, es importante realizar una evaluación costo - beneficio. Aunque la eficiencia de conversión no detectó diferencias significativas entre ambos tratamientos, aplicar esta metodología en la rutina diaria puede resultar en un aumento de costos donde los kg de carne ganados no recompensen el costo de la alternativa, porque el aporte de suplemento al total de la dieta del tratamiento SD fue 37,5% y en el tratamiento AC de 57,8%. Lo que implicó un aumento del 85% de consumo de suplemento en el AC en comparación al tratamiento SD. Una alternativa sería usar algún método de regulación del consumo en el comedero.

La principal ventaja del autoconsumo es la mayor facilidad operacional de los establecimientos en términos de mano de obra y combustible, siendo más notoria la diferencia a medida que la distancia a recorrer es mayor. También se destaca la importancia de considerar el impacto económico del autoconsumo a nivel predial ya que incluye un costo oportunidad donde el factor mano de obra puede realizar otras tareas en el predio (Rovira & Velazco, 2012).

¹¹ TS: Tasa de sustitución.

6. CONCLUSIONES

La inclusión de grano de lupino quebrado tanto en suplementación diaria como en autoconsumo *ad libitum* en sistemas de recría de terneras Hereford pastoreando raigrás Bill Max durante el invierno a una oferta de forraje restringida al 2,5% del PV mejora la ganancia media diaria (suplementados: 1,22 kg/a/d y 0,74 kg/a/d para el Testigo) y el peso vivo a la salida del invierno.

El método de suministro del grano (suplementación diaria al 1% PV vs autoconsumo *ad libitum*) afecta la respuesta a la suplementación en 0,38 y 0,57 kg/a/d respectivamente, no obstante, la ECS no fue afectada significativamente.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acland, M., Blanco, W., & Soca, D. (2023). *Efecto 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* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Acosta, A., Simeone, P., & Ubilla, N. (2022). *Efecto de la suplementación con grano de lupino y su procesamiento sobre la performance de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero durante el verano* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/36673/1/Acosta%20LagaxioAlejandro.pdf>
- Agnusdei, M. G. (2007). *Calidad nutritiva del forraje*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/64-calidad.pdf
- Alderman, G. (1996). *Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes: AFRC*. Acribia.
- Álvarez, M., Fernández, L., & Rivoir, A. (2020). *Performance animal de terneras suplementadas sobre pasturas sembradas con diferentes métodos de regulación del consumo en sistemas de autoconsumo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/31390/1/%c3%81lvarezThevenetMar%c3%adaAgustina.pdf>
- Araujo-Febres, O. (2005). *Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/116-consumo.pdf
- Axelsen, A., Nadin, J. B., Crouch, M., & Edwards, C. B. H. (1979). Feeding whole or cracked wheat or lupins to beef cattle and a comparison between whole wheat and oats. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 19, 539-546.
- Baek, J. M. (2000). *Ganancias de peso otoñales: ¿Un problema de la pampa húmeda solamente?* Sitio de Producción Animal. https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/31-ganancias_de_peso_otoñales.pdf

- Banchero G., Mieres J., Tieri, P., & La Manna, A. (2011). *Cómo consumir sus verdeos de invierno con terneros o novillos teniendo una buena utilización de los mismos*. Sitio Argentino de Producción Animal.
https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/85-consumo_4.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]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/29431>
- Baudracco, J., Lopez-Villalobos, N., Holmes, C., & Macdonald, K. A. (2010). Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 53(2), 109-133.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00288231003777665>
- 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]. Colibri.
[https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/26090/1/TTS_BerasainMautoneSebasti% c3% a1 n. pdf](https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/26090/1/TTS_BerasainMautoneSebasti%c3%a1n.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]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29124/1/Berg% c3% b3 sCremonaAnaIn% c3% a9 s. pdf>
- Bianchi, J. (1982). *Relación de distintos parámetros de la pastura con el consumo y ganancia en peso de novillos en pastoreo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/27479>

- 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*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/81-corrientes.pdf
- Cangiano, C. A. (1997). *Producción animal en pastoreo*. INTA.
- Carámbula, M. (1987). Informes de País: Producción de pasturas en Uruguay. En C. J. Molestina (Ed.), *Dialogo XIX: Producción y utilización de pasturas para engorde y producción de leche* (pp. 95-112). PROCISUR. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/14795/1/Carambula-1987.pdf>
- Carámbula, M. (2003). ¿Qué tipo de raigras debería utilizar? *Revista del Plan Agropecuario*, (105), 52-55. https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R105/R105_52.pdf
- Carámbula, M. (2007). *Verdeos de invierno*. Hemisferio Sur.
- Catrileo, A., & Rojas, C. (1995). Uso del lupino en producción animal. *Tierra Adentro*, (4), 48-49. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/f561a3d2-b49c-4f52-976b-92c942cf0ad0/content>
- Chilibroste, P. (1998). Principales fuentes de error en la alimentación de vacas lecheras en pastoreo: Predicción del consumo. En J. Moraes & M. Rodríguez (Eds.), *XXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 1-7). <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/2909/JB1998c.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Combellas, J., & Hodgson, J. (1979). Herbage intake and milk production by grazing dairy cows: The effects of variation in herbage mass and daily herbage allowance in a short-term trial. *Grass and Forage Science*, 34(3), 209-214. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1979.tb01469.x>
- Corona, G. L., & Mendoza, G. D. (2017). *Procesamiento de los granos*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_granos/42-Procesamiento_granos.pdf
- Cozzolino, D. (2000). *Características de los suplementos utilizados en el Uruguay para su empleo en alimentación animal*. INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2853/1/111219240807140247.pdf>

- D'Ambrosio, B., Motta, M., & Pedetti, J. (2021). *Efecto de la suplementación invernal con grano de lupino sobre la performance de terneros Hereford pastoreando campo natural* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Depetris, G. J. (2013). Valor nutricional del grano y ensilaje de maíz en la alimentación de bovinos para carne. *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*, 67, 59-68.
https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47468/Documento_completo_.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- De Vecchi, S., & Franzoni, C. (2023). *Utilización de raigrás (Lolium multiflorum cv. bill max) en la alimentación de terneros: Efecto de la oferta de forraje sobre el consumo, la selección y el comportamiento* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Correcciones bibliográficas de Trabajos finales de grado.
<http://tesis.fagro.edu.uy/index.php/tg/catalog/book/176>
- Díaz, A., & Sampallo, S. (2024). *Utilización de raigrás (Lolium multiflorum cv. Bill Max) en la alimentación de terneros: Efecto de la oferta de forraje sobre el crecimiento y la producción de carne por hectárea* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Correcciones bibliográficas de Trabajos finales de grado. <http://tesis.fagro.edu.uy/index.php/tg/catalog/view/272/190/5743>
- Di Marco, O. N. (1993). *Crecimiento y respuesta animal*. Asociación Argentina de Producción Animal.
- Dixon, R. M., & Hosking, B. J. (1992). Nutritional value of grain legumes for ruminants. *Nutrition Research Reviews*, 5, 19-43.
<https://www.cambridge.org/core/journals/nutrition-research-reviews/article/nutritional-value-of-grain-legumes-for-ruminants/1213C1BB6E3CC83D448AD98B0CFC1E16>
- Durán, A. (1991). *Los suelos del Uruguay*. Hemisferio Sur.
- Echeverría, J., Rovira, P., & Montossi, F. (2014). Manejo de la alimentación invernal de la cría bovina sobre campo natural. *Revista INIA*, 37, 14-18.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3254/1/Revista-INIA-37-p.-14-pdf.pdf>
- Elizalde, J. C. (2003). *Limitaciones nutricionales en la utilización de verdes en vacunos*. Sitio Argentino de Producción Animal.
https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/01-limitaciones_nutricionales_verdeos.pdf
- Elizalde, J. C., & Santini, F. J. (1992). *Factores nutricionales que limitan las ganancias de peso en bovinos en el período otoño-invierno*. INTA.

- Forbes, T. D. A. (1988). Researching the plant-animal interface: The investigation of ingestive behavior in grazing animals. *Journal of Animal Science*, 66(9), 2369-2379.
- Fuentes, M. E. (2016). *Suplementación energética de bovinos a pastoreo: Efecto de niveles moderados de suplemento sobre la dinámica de digestión de la dieta basal* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Sur]. INTA Digital. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/1357/INTA-CRLaPampa-SanLuis_EEA_Anguil_Fuentes_ME_Suplementacion_energetica_de_bovinos_a_pastoreo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García, E., Méndez, V., & Nicora Banat, E. (2024). *Efecto de la suplementación con grano de lupino (*Lupinus angustifolius*) en régimen de autoconsumo sobre la performance de novillos pastoreando sorgo forrajero* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- García, J. A. (2003). *Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela*. INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2878/1/15630191107142500.pdf>
- González, J. (2006). Aprovechamiento intestinal de la proteína de los alimentos en rumiantes. En P. G. Rebollar, C. de Blas, & G. G. Mateos (Eds.), *XXII Curso de especialización FEDNA: Avances nutrición y alimentación animal* (pp. 203-216). FEDNA. https://fedna.biolucas.com/wp-content/uploads/2022/02/06CAP_XII.pdf
- Grovum, W. L. (1993). Apetito, sapidez y control del consumo de alimentos. En C. D. Church (Ed.), *El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición* (pp. 225-239). Acribia.
- Hawthorne, W. A., & Fromm, G. M. (1977). Effect of hay plus crushed or whole lupin grain on the growth and carcass fat cover of heifers and lambs. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 17, 223-230.
- 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. <https://www.publish.csiro.au/an/EA9750663>
- Helrich, K. (Ed.). (1990). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (15th ed., Vol. 1). AOAC <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- Henderson, A., Iribarne, R., & Silveira, M. (2015). *Evaluación del sistema de autoconsumo para la suplementación de terneros de destete precoz pastoreando*

praderas durante el verano [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8815/1/4007hen.pdf>

Hodgson, J. (1990). *Grazing management: Science into practice*. Longman Scientific & Technical.

Horwitz, W., & Latimer, G. W. (Eds.). (2007). *Official methods of analysis of AOAC* (18th ed.). AOAC.

Instituto Nacional de Semillas & Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (2024). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras: Anuales, Bianuales y perennes periodo 2023*. <https://v.calameo.com/?bkcode=002993183799738c87c92>

Lange, A. (1980). *Suplementación de pasturas para la producción de carnes* (2^a ed.). Comisión Técnica Intercrea de Producción de Carnes.

Latimer, G. (Ed.). (2012). *Official methods of analysis of AOAC International* (19th ed.). AOAC.

Latimori, N. (2004). *Suplementación energética*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/24-suplementacion_energetica.pdf

Lombardo, S. (2012). Asignación de forraje: ¿Cuánto pasto hay que ofrecer a los animales. *Revista del Plan Agropecuario*, (143), 32-35. https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R143/R_143_32.pdf

May, P. J., & Barker, D. J. (1984) Milling barley and lupin grain in diets for cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 12(1), 57-64.

Mejía Haro, J. (2002). Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria*, 12(3), 56-63. <http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/1185/3/Jose%20Mejia%20Haro.pdf>

Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.

Montossi, F., Risso, D., & Pigurina, G. (1995). Consideraciones sobre la utilización de pastura. En D. Risso, E. J. Berretta, & A. Morón (Eds.), *Producción y manejo de pasturas* (pp. 93-103). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/consulta/busca?b=pc&id=5972&biblioteca=vazio&bus>

[ca=autoria:%22MONTOSI,%20F.%22&qFacets=autoria:%22MONTOSI,%20F.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=7](#)

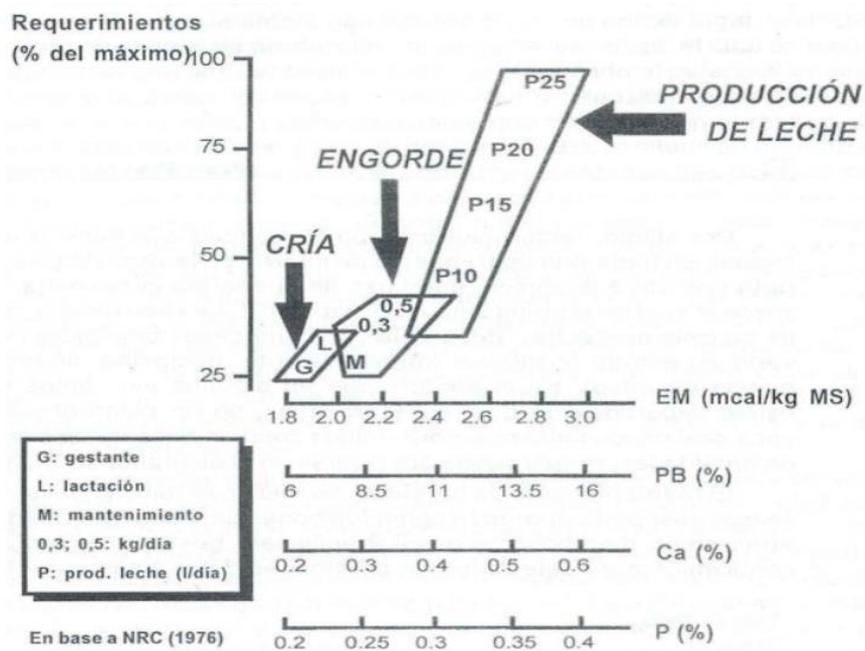
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th ed.). National Academy Press.
<https://nap.nationalacademies.org/read/9825/chapter/1>
- Orcasberro, R. (1997). Estado corporal, control del amamantamiento y performance reproductiva de rodeos de cría. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y Producción Animal en Áreas de Ganadería Extensiva* (pp. 158-169). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8326/1/111219220807115854-p.158-169.pdf>
- Perrachón, J. (2009). Pensemos en los Verdeos de Invierno. *Revista del Plan Agropecuario*, (132), 42-46.
https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R132/R_132_42.pdf
- Petterson, D. S. (2000). The use of Lupins in feeding systems. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(6), 861-876.
<https://www.animbiosci.org/upload/pdf/13-119.pdf>
- Peyraud, J. L., & Delaby, L. (2005). Combiner la gestion optimale du pâturage et les performances des vaches laitières: Enjeux et outils. *INRA Production Animales*, 18(4), 231-240.
<https://productions-animales.org/article/view/3529/11206>
- Poppi, D. P., Hughes, T. P., & L'Huillier, P. J. (1987). Intake of pastures by grazing ruminants. En M. Nicol (Ed.), *Livestock feeding on pastures* (pp. 56-64). 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
- Rohweder, D. A., Barnes, R. F., & Jorgensen, N. (1978) Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*, 47(3), 747-759
- Rojas, C., & Catrileo, A. (1998). Grano de lupino blanco (*Lupinus albus*) y australiano (*Lupinus angustifolius*) entero o chancado, en la engorda invernal de novillos. *Agrosur*, 26(2), 70-77.
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/28388/NR24352.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rovira, P., & Velazco, J. (2012). Comparación de la suplementación diaria o en autoconsumo en el desempeño productivo de novillos sobre praderas. En P. Rovira & J. Velazco (Eds.), *Suplementación de bovinos en pastoreo: Autoconsumo* (pp. 33-43). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2544/1/18429110612093343.pdf#page=41>
- Rovira, P., Velazco, J., & Bonilla, O. (2009). Efecto de la estrategia de suplementación (Autoconsumo vs. Suplementación infrecuente) y el nivel de sal en el suplemento sobre el desempeño productivo de novillos en terminación durante el verano. En E. Deambrosi, F. Montossi, H. Saravia, P. Blanco, & W. Ayala (Eds.), *10 años de la unidad de producción arroz-ganadería* (pp. 99-105). INIA.
https://www.researchgate.net/profile/Jose-Terra/publication/264158362_Impacto_de_la_Intensidad_de_Laboreo_en_los_rendimientos_de_arroz_de_la_Unidad_de_produccion_Arroz-Ganaderia_durante_tres_zafras_2007-2008-2009/links/53d012980cf2fd75bc5c9a92/Impacto-de-la-Intensidad-de-Laboreo-en-los-rendimientos-de-arroz-de-la-Unidad-de-produccion-Arroz-Ganaderia-durante-tres-zafras-2007-2008-2009.pdf
- Santini, F., & Elizalde, J. (1993). Utilización de granos en alimentación de rumiantes. *Revista Argentina de Producción Animal*, 13, 39-60.
- Santini, F., & Rearte, D. (1997). Estrategia de alimentación en invernada. En D. Vaz Martins (Ed.), *Suplementación estratégica para el engorde de ganado* (pp. 37-46). INIA.
- Shearer, J. K., & Bray, D. (1995). *Manteniendo la salud de la ubre y la calidad de la leche durante periodos calurosos*. Hoard's Dairyman.
- Simeone, A., & Beretta, V. (2002). *Destete precoz en ganado de carne*. Hemisferio Sur.
- Simeone, A., & Beretta, V. (Eds.). (2006). *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC): Intensificando la producción de carne en invernada: De la teoría a la práctica*. UPIC.
<http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2006.pdf>
- Simeone, A., Beretta, V., & Buffa, J. I. (2016). Invernada a pasto, suplementación y rentabilidad: A 27 años de la sequía de 1989: Pasado, presente y futuro de la suplementación sobre pasturas en sistemas de invernada. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *18ª Jornada Anual de la Unidad Producción Intensiva de Carne: A pasto y a corral, dos caminos con un mismo destino: La rentabilidad* (pp. 16-33). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2016.pdf>
- Simeone, A., Beretta, V., Esteves, M., Laxalde, S., Nario, M., & Bejérez, A. (2013). Autoconsumo con concentrados en la suplementación en pastoreo: Uso del

- autoconsumo en programas de suplementación con nitrógeno no proteico de lenta liberación para terneros pastoreando campo natural. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *15ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Simplificando la intensificación ganadera: El autoconsumo* (pp. 25-32). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2013.pdf>
- Simeone, A., Beretta, V., Zabalveytia, N., Burjel, V., Pancini, S., Isaza, S., Maldonado, R., Sansón, J. J., Bauzá, F., Celesia, J. I., & Irisarri, J. M. (2024). Incorporando más información para aprender a manejar el grano de lupino en la alimentación de ganado para carne: ¿Puede suministrarse el grano de lupino en comederos de autoconsumo? En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *25º Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Propuestas tecnológicas para una ganadería más rentable* (pp. 28-37). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2024.pdf>
- Ustarroz, E., & De León, M. (2006). *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
- Valentine, S. C., & Bartsch, B. D. (1986). Digestibility of dry matter, nitrogen and energy by dairy cows fed whole or hammermilled lupin grain in oaten hay or oaten pasture based diets. *Animal Feed Science and Technology*, *16*(1-2), 143-149.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74*(10), 3583-3597.
- Vaz Martins, D. (1997). Suplementación energética en condiciones de pastura limitante. En D. Vaz Martins (Ed.), *Suplementación estratégica para el engorde de ganado* (pp. 17-22). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2989/1/15630291007152242.pdf>

8. ANEXOS

Anexo A

Rango de requerimientos para bovinos de carne

Nota. Tomado de Simeone y Beretta (2002).

Bibliografía del Anexo A

Simeone, A., & Beretta, V. (2002). *Destete precoz en ganado de carne*. Hemisferio Sur.

Anexo B*Producción estacional de materia seca según material geológico*

	Producción de materia seca (kg/ha)				
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
Cristalino	400	400	1088	375	2500
Libertad	738	472	1239	502	2950
Fray Bentos	1040	680	1520	760	4000
Basalto	1189	724	1708	465	4100

Nota. Adaptado de Leborgne (2008).

Bibliografía del Anexo B

Leborgne, R. (2008). *Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros*. Hemisferio Sur.