

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DEL PROCESAMIENTO DEL GRANO DE
LUPINO SOBRE LA RESPUESTA A LA
SUPLEMENTACIÓN DE TERNEROS PASTOREANDO
RAIGRÁS: CRECIMIENTO, UTILIZACIÓN DEL
FORRAJE Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL
SUPLEMENTO**

por

**Agustín CURBELO CORBO
Lucía Raquel MACHADO SENCIÓN**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2026**

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia
"Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**".



PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. (Dr.) Álvaro Simeone

Co-Director/a:

Ing. Agr. (Dr.) Stefania Pancini

Tribunal:

Ing. Agr. (Dr.) Álvaro Simeone

Ing. Agr. (Mag.) Natalia Zabalvetya

Dr. Vet. (Mag.) Juan Franco

Fecha:

24 de febrero de 2026

Estudiantes:

Agustín Curbelo Corbo

Lucía Raquel Machado Sención

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial a los tutores responsables del trabajo final de grado Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Álvaro Simeone e Ing. Agr. (Mag.) (PhD.) Stefanía Pancini por el compromiso y dedicación dedicado al proceso de elaboración del mismo.

A nuestras familias y amigos por el apoyo incondicional y compañía durante toda la carrera.

A la Ing. Agr. Natalia Zabalvetya, Diego Mosqueira y personal de campo de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC) y la Unidad de Producción Intensiva de Carne por el apoyo y disposición en el periodo experimental de la tesis.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	7
RESUMEN	8
SUMMARY	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. INSERCIÓN DE LOS VERDEOS DE INVIERNO EN EL SISTEMA Y SU CARACTERIZACIÓN.....	12
2.2. PROBLEMÁTICA DE LOS VERDEOS DE INVIERNO Y EL USO DE LA SUPLEMENTACIÓN	15
2.2.1. Suplementación	16
2.2.2. Asignación y utilización de forraje.....	17
2.2.3. Respuesta a la suplementación sobre verdeos	20
2.2.4. Suplementación energética-proteica en verdeos de invierno	22
2.2.5. Caracterización y uso del grano de lupino.....	24
2.2.6. Procesamiento del grano y su efecto	26
3. OBJETIVOS	29
3.1. OBJETIVOS GENERALES.....	29
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4. HIPÓTESIS.....	30
5. MATERIALES Y MÉTODOS	31
5.1. PERIODO Y ÁREA EXPERIMENTAL.....	31
5.2. SUELO.....	31
5.3. CLIMA.....	32
5.4. ANIMALES Y TRATAMIENTOS.....	32
5.5. PASTURA Y SUPLEMENTO.....	32
5.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	33
5.6.1. Periodo de acostumbramiento	33
5.6.2. Manejo del pastoreo	33
5.6.3. Manejo de la suplementación	33
5.6.4. Registros y mediciones de los animales	34
5.6.5. Registros y mediciones de la pastura.....	34

5.6.6. Registros y mediciones del suplemento.	35
5.7. ANÁLISIS QUÍMICO.....	35
5.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
6.1. Condiciones ambientales	37
6.2. Análisis químico del suplemento.....	37
6.3. Características de la pastura.....	38
6.4. Consumo de forraje y suplemento	40
6.5. Performance animal	43
6.6. Indicadores de productividad física	46
7. CONCLUSIONES	48
8. BIBLIOGRAFÍA.....	49
9. ANEXO.....	60

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figura n.

Figura 1	Producción individual y por hectárea en relación a la carga (animales/ha)...	18
Figura 2	Tasa de bocados, consumo y utilización de forraje según asignación.....	19
Figura 3	Relación entre la pastura y el suplemento.....	20
Figura 4	Croquis del potrero donde se llevó a cabo el experimento	31
Figura 5	Evolución semanal del consumo promedio de suplemento expresado en kg /100kg PV	41
Figura 6	Consumo MS total promedio del experimento según tratamiento representando el aporte del forraje y suplemento	43
Figura 7	Evolución del peso vivo (kg) según tratamiento Testigo, SLE y SLQ	46

Tabla n.

Tabla 1	Composición química de los suplementos	24
Tabla 2	Precipitaciones y temperaturas promedio históricas en el departamento de Paysandú y durante el periodo experimental.....	37
Tabla 3	Composición química del grano de lupino utilizado en el período experimental	38
Tabla 4	Efecto de la suplementación y su procesamiento sobre condición y utilización del raigrás Selva.....	38
Tabla 5	Efecto de la suplementación y procesamiento sobre el consumo de forraje, suplemento y consumo total	40
Tabla 6	Efecto de la suplementación y procesamiento sobre performance animal y eficiencia de conversión del suplemento	44
Tabla 7	Indicadores de productividad física para los tratamientos del periodo experimental	47

RESUMEN

El experimento fue realizado en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”, Facultad de Agronomía, en el departamento de Paysandú. El periodo experimental se llevó a cabo desde el 26 de junio del 2024 hasta el 3 de setiembre del mismo año, sumando un total de 70 días. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con lupino y su procesamiento sobre la producción animal, eficiencia de uso del alimento en terneros pastoreando raigrás cv Selva con oferta de forraje restringida (2,5% AF). Se evaluaron 33 terneros Hereford castrados nacidos en la primavera del 2023, los cuales tenían un peso de $154,8 \pm 10,4$ kg, los mismos fueron bloqueados por peso vivo formando 3 grupos y asignados al azar a 9 grupos y estos a uno de 3 tratamientos (Testigo: sin suplementar; SLQ: suplementación con lupino quebrado y SLE: suplementación con lupino entero), quedando 3 repeticiones por tratamiento de 4 animales cada uno. Se llevo a cabo un pastoreo rotativo en franjas con 7 días de ocupación, variando el área de la parcela según la materia seca disponible y último peso vivo registrado para cada repetición. El grano de lupino (*Lupinus angustifolius*) utilizado para suplementar los animales fue suministrado diariamente a razón del 1% del PV en base seca, donde se ajustó según el último PV de cada repetición. La performance animal medida como ganancia media diaria de peso vivo, fue significativamente superior para animales suplementados no variando significativamente según grado de procesamiento del grano, registrando valores de 0,44 kg/d, 0,84 kg/d y 0,94 kg/d para tratamiento testigo, entero y quebrado respectivamente. La eficiencia de conversión lograda fue de 4,54 y 3,92:1 para SLE y SLQ respectivamente, no presentando diferencias significativas entre ellos ($p=0,498$). El consumo de materia seca de forraje presento diferencias significativas ($p=0,0141$) entre los animales suplementados vs testigos, presentándose un efecto sustitución del forraje por suplemento, repercutiendo en la utilización de la pastura donde se presenta una diferencia de 14% menor para animales suplementados.

Palabras claves: terneros, suplementación, lupino, ganancia media diaria, Selva

SUMMARY

The experiment was carried out at the Intensive Meat Production Unit (UPIC) of the Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”, Facultad de Agronomía, in the department of Paysandú. The experimental period took place from June 26, 2024, to September 3 of the same year, totaling 70 days. The aim of the study was to evaluate the effect of lupine supplementation and its processing on animal production, as well as feed use efficiency in calves grazing on ryegrass cv Selva with restricted forage supply (2.5% DM). A total of 33 castrated Hereford calves born in the spring of 2023, weighing 154.8 ± 10.4 kg, were evaluated. The calves were blocked by live weight, forming 3 groups, and randomly assigned to 9 groups, which were then assigned to one of 3 treatments (Control: no supplementation; SLQ: supplementation with cracked lupine; and SLE: supplementation with whole lupine), resulting in 3 replicates per treatment with 4 animals each. A rotational strip grazing was carried out with 7 days of occupation, varying the plot area according to the available dry matter and the last live weight recorded for each replication. The lupin grain (*Lupinus angustifolius*) used to supplement the animals was supplied daily at a rate of 1% of live weight on a dry matter basis, adjusted according to the last live weight of each replication. Animal performance, measured as average daily live weight gain, was significantly higher for supplemented animals, not varying significantly according to the degree of grain processing, recording values of 0.44 kg/day, 0.84 kg/day, and 0.94 kg/day for the control, whole, and cracked treatments, respectively. The conversion efficiency achieved was 4.54 and 3.92:1 for SLE and SLQ, respectively, with no significant differences between them ($p=0.498$). Dry matter intake from forage showed significant differences ($p=0.0141$) between supplemented animals and controls, showing a substitution effect of forage by supplement, affecting pasture utilization where there was a 14% lower intake for supplemented animals.

Keywords: calves, supplementation, lupin, average daily gain, Selva

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en el Uruguay ocupa una superficie de 12.857 miles ha, representando un 73% del área nacional, las declaraciones juradas registradas en 2023, de un total de 48.849 productores, un 5% presentan un sistema tipo recriador puro y un 10% ciclo completo. Mientras que, en términos de área, la actividad de recria ocupa un 20% del área total destinada al rubro ganadero, realizada principalmente sobre pasturas naturales (De León, 2023).

Las pasturas naturales presentan una marcada estacionalidad donde los meses de invierno son los que presentan menores tasas de crecimiento (kg MS/ha), generando un déficit de forraje que se traduce en bajas ganancias, o hasta pérdidas de peso impactando en el resultado físico y económico del sistema de producción.

Estudios nacionales realizados por Beretta y Simeone (2008a) reportan pérdidas de peso en el entorno de 0.150-0.200 kg/a/d cuando se encuentran pastoreando sobre campo natural en la estación de invierno, destacándose esto como una gran problemática no solo durante esta estación, sino también repercutiendo en una avanzada edad de faena en el caso de novillos y un atraso en la aparición de la pubertad en el caso de vaquillonas, causando una fuerte la ineficiencia en el sistema.

Debido a esto, la inclusión de verdeos anuales como parte de la base forrajera permite obtener en dicha estación crítica una elevada oferta de forraje (kg/ha) y de muy buena calidad. Este aporte de forraje de buena calidad no se lograría con el diferimiento de forraje de estaciones anteriores, ya que la elevada cantidad de forraje disponible sería de baja calidad, por lo cual no lograría cubrir los requerimientos energéticos para la recria de terneros en la estación de invierno. En la misma línea de razonamiento para lograr maximizar los beneficios de utilizar verdeos toma un rol importante la suplementación, de manera de alcanzar buenos desempeños individuales y lograr mantener una alta carga animal en el sistema. De esta manera se genera un impacto positivo tanto en el resultado productivo como en el resultado económico final de la empresa.

Por otra parte, si bien la suplementación con concentrados energéticos sobre verdeos ha sido extensamente estudiado, surge la necesidad de evaluar el grano de Lupino (*Lupinus angustifolium*) como una nueva alternativa. Específicamente, el grano de lupino presenta un muy elevado aporte proteico en torno al 33% de proteína cruda, caracterizada

por su elevada degradabilidad ruminal, y un elevado aporte energético no almidonoso, proveniente de polisacáridos como la hemicelulosa, celulosa y pectinas disminuyendo la tasa de fermentación nivel ruminal en comparación con fuentes almidonosas, por lo tanto reduciendo el riesgo de acidosis (Mera, 2016; Petterson, 2000). Estas características lo hacen muy interesante para ser evaluado en una categoría animal tan exigente como los animales de recría.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INSERCIÓN DE LOS VERDEOS DE INVIERNO EN EL SISTEMA Y SU CARACTERIZACIÓN

La recría es la etapa de desarrollo en la vida del animal que abarca el periodo desde que se desteta hasta el momento en el que se entora en el caso de las hembras, o el momento en el que ingresan en sistema de invernada en el caso de los machos. En esta etapa de pleno crecimiento el animal presenta una gran eficiencia en la conversión de alimento en músculo, lo que a su vez se ve aún más favorecido con una elevada calidad de forraje (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], s.f.).

Esta etapa de recría comúnmente ocurre durante la estación invernal, donde las condiciones climáticas y la cantidad y/o calidad de las pasturas se caracterizan por estar en su momento más crítico del año. Fluctuaciones de peso durante esta etapa y en los primeros dos años de vida pueden causar efectos irreversibles, afectando el desempeño tanto productivo como reproductivo a lo largo de la vida (INIA, s.f.; Quintans, 2002).

Las pérdidas de peso vivo invernal, características de sistemas que se desarrollan sobre pasturas naturales, se deben a la marcada estacionalidad de los campos naturales, así como a la reducción y desaparición de las especies invernales (Díaz et al., 2008) como consecuencia del sobrepastoreo, presión de selección por aquellas especies de mayor tipo productivo (calidad) y la baja producción dada por las condiciones climáticas.

A pesar de la gran diversidad florística que presentan los campos naturales del Uruguay diferenciándose según tipo de suelo y zona geográfica; todos presentan ciertas características en común. Según Carámbula (1996) las características que explican el bajo desempeño animal son la baja proporción de leguminosas; la baja proporción de gramíneas invernales como se mencionó anteriormente; y una baja productividad y una escasa producción invernal consecuencia de suelos moderadamente ácidos y bajo contenido de nutrientes, lo que llevan a producción promedio de 380kgMS/ha para ladera superficial, 450 kgMS/ha para ladera profunda y 623 kgMS/ha para suelos bajos (Boggiano et al., 2005).

La escasez de forraje invernal genera que en la fase de recría, los terneros que atraviesan su primer año de vida en el invierno sobre campo natural y sin suplementación, experimentan pérdidas de peso en torno a los 150-200 gramos/día (Beretta & Simeone,

2008a). Por lo cual, la incorporación de verdeos invernales en el sistema constituye una herramienta fundamental para promover la productividad individual y del sistema (Carámbula, 2007).

La utilización de verdeos invernales en los sistemas de recría y engorde, han cumplido un rol importante en las rotaciones forrajeras, aportando calidad y alta producción en esta estación crítica (Beretta et al., 2018). Datos reportados por De León (2023) en el Anuario Estadístico Agropecuario la superficie de cultivos forrajeros anuales ha ido en aumento, pasando de 272.7 mil ha en el año 2016 a 483.2 mil ha en el 2023.

Los verdeos de invierno son gramíneas anuales que logran producir un alto volumen de forraje de buena calidad, lo cual es complementario con el lento crecimiento natural de las pasturas naturales y praderas convencionales temprano en el otoño (Carámbula, 2007; Zarza et al., 2009).

Como mencionó Carámbula (2007) la importancia de los verdeos no radica solamente en la producción de forraje en etapas críticas del año, sino también poder efectuar un mejor manejo sobre la restante área de pastoreo. Además no hay que olvidarse de que para que sean rentables económicamente deben tener rendimientos elevados de materia seca de gran calidad, debido a que se amortiguan en un solo año.

La elección del verdeo a utilizar acompaña el sistema de producción ya que si bien no difieren en gran medida en su producción total presentan una variación en el momento de entrega de forraje, donde las avenas presentan un potencial de crecimiento más temprano, con más aporte de forraje otoñal, mientras que el raigrás expresa su mayor producción de forraje a mediados de invierno y en el total del ciclo (Perrachon et al., 2009; Zanoniani & Noël, 2002).

Los verdeos de invierno más utilizados a nivel nacional, asociados a sistemas de recría y engorde, son *Avena Byzantina* (Avena) y/o *Lolium multiflorum* (Raigrás). Caracterizados por su elevado aporte de forraje durante el otoño e invierno, también presentan limitantes como la tasa de acumulación de materia seca, humedad relativa y calidad (Correa, 2004).

Poniendo foco en el raigrás, ya que será el verdeo de invierno evaluado en el presente trabajo, el mismo es una de las bases forrajeras de mayor difusión en Uruguay, tanto para producciones anuales como praderas mezclas de mayor duración, adaptada a siembras al voleo (Pauletti, 2015). Existe una diversa oferta de materiales disponibles con

diferencias en los rendimientos según la variedad, siendo la más sembrada en Uruguay Raigrás cv. LE284 y Raigrás cv. Titán, con producciones de 7363 y 9206 kg MS/ha respectivamente (Perrachon, 2009). La distribución de la producción según Carámbula (2007) es la siguiente: Otoño 18%; Invierno 40%; Primavera 42%.

A su vez los raigrases se pueden clasificar en dos grandes grupos según su ploidía: diploides y tetraploides, con características productivas diferentes, lo cual logra satisfacer distintos objetivos de sistemas de producción. Los primeros presentan mayor número de macollos y hojas más finas, y mayor rusticidad logrando adaptarse mejor a condiciones ambientales adversas, dada una mayor tolerancia al pastoreo, presentando un gran énfasis en la producción invernal a diferencia de los tetraploides, que al prestar mayor cantidad de cromosomas, tienen mayor contenido celular y hojas más anchas, traduciéndose esto en mayor calidad por tener además mayor relación hoja/tallo, presentan también una producción de forraje más extendida hacia la primavera, además de su característica producción invernal (Amigone & Tomaso, 2007; Bologna, 2014; Calistro, 2021; Lus, 2010).

Por otra parte también se pueden agrupar según su tipo productivo, siendo estos los tipo westerwoldicum, que se consideran estrictamente anuales y no presentan requerimientos de frío para floración (Ej: Estanzuela 284), y los tipo italiano que si presentan un requerimiento de frío para floración por lo que pueden presentar un comportamiento bianual (ej: INIA Titán) (Gutiérrez & Calistro, 2013).

En cuanto a su valor nutricional, el raigrás anual presenta un valor nutritivo elevado, donde los parámetros de calidad se encuentran en sus tejidos de forma más equilibrada que los otros cereales de invierno y de verano (Carámbula, 2007).

El crecimiento del cultivo influye en la composición química y en su calidad nutricional, donde decae a medida que avanza el estado de madurez del mismo. Existe un aumento en el rendimiento a medida que avanza el estado de madurez pero una reducción en el consumo y digestibilidad (Zanoniani et al., 2000). El porcentaje de materia seca se incrementa a lo largo del periodo de crecimiento del verdeo, al igual que el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), mientras que el porcentaje de proteína bruta (PB) disminuye y los carbohidratos solubles en agua no presentan un cambio relevante (Castro-Hernández et al., 2017).

La utilización de los verdes en la recría de terneros en su primer otoño-invierno de vida, busca alcanzar ganancias de 700 gramos/día, jugando un rol importante en la eficiencia global del sistema, alcanzando pesos de faena a los 24-27 meses de edad (Beretta et al., 2018).

Por otra parte, el surgimiento de nuevas variedades, lleva a la necesidad de su caracterización nutricional y resultados productivos de su uso. Específicamente el Raigrás cv. Selva (Gentos), es un cultivar itálico tetraploide y se caracteriza por presentar macollos y hojas intermedias a gruesas. Esta variedad fue elegida debido a que el nivel más alto de ploidía se traduce en mayor relación de contenido celular versus pared celular, aumentando el contenido de carbohidratos solubles, proteínas y lípidos, por lo que se lograra una mayor palatabilidad y consumo.

Su ciclo de producción es intermedio-tardío el cual extiende su producción hasta principios del verano. El mismo presenta una alta tasa de pasaje de plantas productivas al segundo año gracias a su característica de ser itálico. Otra característica importante del mismo es que ha sido mejorado a lo largo de los años buscando una buena capacidad de rebrote a través de ser sometido a pastoreos intensos durante todo su ciclo de producción. (Ayala et al., 2010; *Ryegrass Selva*, s.f.). Logrando una productividad de 10319 y 9062 kgMS/ha para el año 2006 y 2005 respectivamente (Instituto Nacional de Semillas [INASE], s.f.; Ver Resultados- Abrir panel de filtros- año de siembra 2005-2006- Representante: Gentos Uruguay).

2.2. PROBLEMÁTICA DE LOS VERDEOS DE INVIERNO Y EL USO DE LA SUPLEMENTACIÓN

Más allá del buen aporte de forraje, en cantidad y calidad, los verdes de invierno, presentan cierta problemática nutricional, relacionada a los forrajes succulentos, lo que se traduce en una baja performance animal, debido a un bajo contenido de materia seca, bajo contenido de fibra, y un desbalance de energía/proteína a nivel ruminal dado por una alta proporción de proteína degradable en rumen (Zanoniani et al., 2000).

El bajo porcentaje de materia seca en sus primeros pastoreos se traduce en disminución del consumo, a través de una reducción en el tamaño de bocado, tiempo total de consumo y una restricción física del consumo debido a los volúmenes de agua en el tracto digestivo (Vaz Martins & Messa, 2007), así como la aparición de diarreas

generando una disminución de la digestibilidad del mismo, como consecuencia de una tasa de pasaje mayor (Melani, 2009; Zanoniani et al., 2000). Se ha reportado que en pasturas con bajo contenido de materia seca, se reduce el consumo de forraje a razón de 1 kg/MS cada vez que se reduce 4% el contenido de materia seca por debajo de 18%MS Verite and Journet (1970, como se cita en Chilbroste, 1998).

A su vez, ya que la proteína soluble se degrada rápidamente liberando cantidades elevadas de nitrógeno amoniacal, y si no existe suficiente cantidad de carbohidratos fermentables para la síntesis bacteriana, ese nitrógeno amoniacal se debe transformar en urea para luego ser eliminada a través de la orina, lo que conlleva en un gasto de energía extra. Por otro parte, el bajo contenido de fibra efectiva, generando un pH ruminal ácido, lo cual afecta negativamente el proceso de digestión de la fibra, debido a la reducción del tiempo total de rumia y la cantidad de saliva producida. La menor digestión trae como consecuencia una disminución en la tasa de pasaje ruminal y por lo tanto una reducción en el consumo (Simeone & Beretta, 2006; Vaz Martins & Messa, 2007).

Este desbalance y problemática, podría ser corregida mediante la incorporación de suplementos energéticos, para incrementar la energía fermentable en rumen, incrementando la síntesis de proteína microbiana, y aumentar el consumo total de alimento (Banhero et al., 2011; Beretta et al., 2018; Simeone et al., 2008). Esto sucede cuando este tipo de forraje se consume muy temprano en el otoño, principalmente en las avenas tempranas.

La suplementación energética (granos o subproductos con más del 65% de digestibilidad) logra levantar las limitantes dadas por la condición del forraje logrando mejorar las ganancias de peso, especialmente, ya que logra corregir el desbalance nutricional (Flores & Bendersky, 2010).

Más allá de esto, la suplementación como herramienta permite mantener altas cargas, con una buena eficiencia de uso del forraje sin dejar de lado la ganancia individual (Beretta & Simeone, 2008b) tanto a inicios de otoño como durante el invierno.

2.2.1. Suplementación

La suplementación es definida como el agregado de nutrientes que hace falta para lograr el nivel de producción que se requiere (Cibils & Fernández, 2003), para lo cual se debe tener conocimiento de los requerimientos del animal, la cantidad de forraje que está

consumiendo, qué nutrientes aporta el forraje, que tipo de suplemento utilizar para alcanzar el nivel productivo deseado, cual es la respuesta adicional y cuanto será el beneficio económico. Pordomingo (1999) también reafirma que el mejor resultado se logra cuando se comprende la interacción entre el forraje y el suplemento.

Sobre pasturas de alta calidad, la limitante más importante en la producción de carne es el aporte de energía, por eso la suplementación con granos aparece como una de las principales alternativas para compensar dicha deficiencia, por ser considerados concentrados energéticos (De León, 2005).

Mieres (1997) explica que se puede considerar a la suplementación como una práctica estructural o coyuntural en función de los objetivos de cada predio, en los cuales se puede buscar tanto una mejora en el balance nutricional de la dieta, por lo tanto en la performance, una mejora en la eficiencia de uso de los alimentos, una mejora en la utilización de la pastura o prevenir enfermedades nutricionales. De esta manera el uso de suplementos es caracterizado como una herramienta para mejorar el aprovechamiento de la pastura y no como un sustituto de la misma (Simeone et al., 2004).

Con esto en mente, es importante recalcar la importancia de la eficiencia de conversión, que será un factor clave para definir el beneficio económico de la incorporación de un suplemento; dicha eficiencia varía en función de la calidad de la pastura, la asignación de la misma y la categoría animal con la que se esté trabajando.

La eficiencia de conversión se refiere a la cantidad de alimento requerida por unidad de ganancia de peso adicional conseguida, por lo que se puede expresar como los kilos de alimentos necesarios para la ganancia de un kilo de peso vivo, o los gramos de ganancia extra que permite un kilogramo de alimento (Di Marco, 2006). En general, cuando los animales son suplementados a razón del 1-1,5% del peso vivo es cuando se obtiene el mejor efecto aditivo en aumento de peso, en cambio, cuando los valores de oferta de suplemento son inferiores al 0,75% PV las mejoras en peso y eficiencia son poco importantes (Pordomingo, 2003).

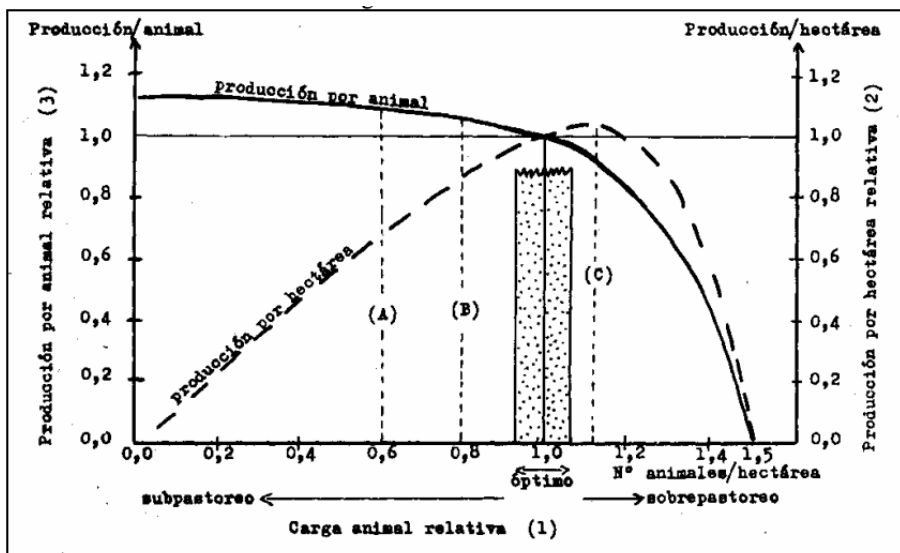
2.2.2. Asignación y utilización de forraje

El manejo del pastoreo tiene como principal objetivo maximizar la producción animal por unidad de superficie dada una cobertura vegetal determinada. Para esto deben compatibilizarse el aprovechamiento del forraje y la producción individual de los animales (Romera et al., 2000), el modelo de Mott como se observa en la (Figura 1)

relaciona la carga - producción /ha- producción individual, donde se destaca la importancia de alcanzar un óptimo, en el cual se obtiene una alta producción por hectárea sin perjudicar la producción individual y generar un sobre pastoreo.

Figura 1

Producción individual y por hectárea en relación a la carga (animales/ha)



Nota. Adaptado de Mott (1960).

Cuando se menciona el manejo del pastoreo, la asignación forrajera es una de las variables fundamentales a tener en cuenta. La asignación de forraje son los kg de materia seca ofrecidos cada 100kg de peso vivo (Lombardo, 2012) para asegurar un cierto consumo de MS de forraje.

En terneros pastoreando raigrás el consumo de materia seca responde en forma cuadrática ante niveles crecientes de asignación de forraje (2,5 a 10 kg MS/ 100 kg de peso vivo), registrándose el valor máximo de consumo (4,68% PV) para una AF de 12% PV (De Vecchi & Franzoni, 2023).

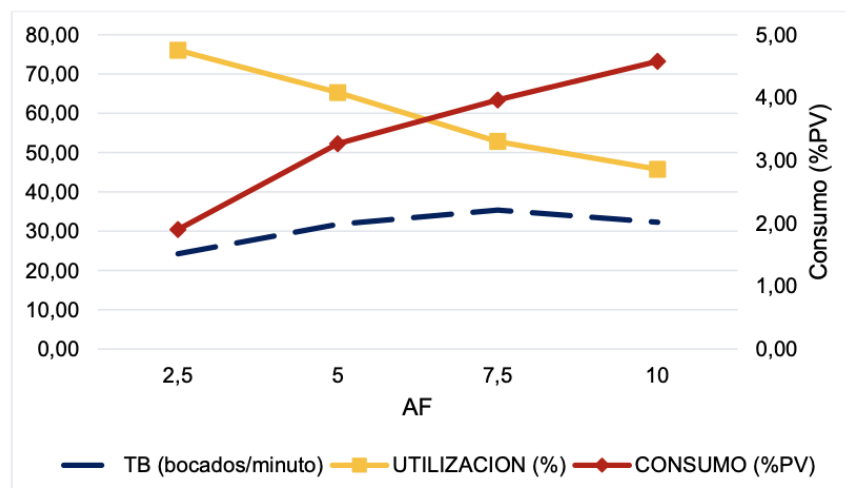
Cuando la asignación de forraje es baja, el consumo queda determinado por los factores no nutricionales asociados con la estructura de la pastura (Poppi et al., 1987), forzando de cierta manera al animal a consumir en estratos más bajos, logrando una elevada utilización de la pastura.

Por otra parte, a medida que la asignación aumenta el consumo pasa a estar limitado por factores nutricionales (Poppi et al., 1987). Esta respuesta en consumo aparece mediada por un incremento en la capacidad de selección a favor de la fracción

hoja y consecuentemente de una dieta de mayor calidad con mayor concentración proteica, así como por cambios en el comportamiento animal en pastoreo. Como contraparte, aumentos en la asignación de forraje, resultan en una disminución en la intensidad de pastoreo, aumentos en la biomasa y altura del remanente, y una reducción cuadrática en la utilización de la pastura (Figura 2).

Figura 2

Tasa de bocados, consumo y utilización de forraje según asignación



Nota. Tomado de De Vecchi y Franzoni (2023).

La mejor performance individual se encuentra a través de un pastoreo más aliviado, es decir a una asignación de forraje mayor, pero esto se realiza a expensas de una menor utilización de la pastura, lo cual afectará directamente la producción de carne por unidad de área y el resultado económico del sistema (Beretta & Simeone, 2008b).

La utilización de forraje o también llamada eficiencia de cosecha es la cantidad de pasto consumida en relación del total ofrecido, para lo cual existe una relación entre la asignación de forraje y la utilización del mismo. A mayor asignación de forraje consecuentemente se obtiene una menor utilización del mismo; si bien la utilización es importante, no es un concepto por el cual se deba manejar el sistema exclusivamente en base a esto, ya que ir en busca de utilidades máximas es perjudicial para las ganancias individuales y para el crecimiento de las pasturas, debido a remanentes extremadamente bajos que afectan el posterior rebote y persistencia (Lombardo, 2012).

Es por ello que la suplementación entra al sistema como una herramienta que permite aumentar la intensidad de pastoreo, lograr buenas eficiencias de utilización de forraje, compatibles con la persistencia de la pastura, y a su vez, mantener ganancias

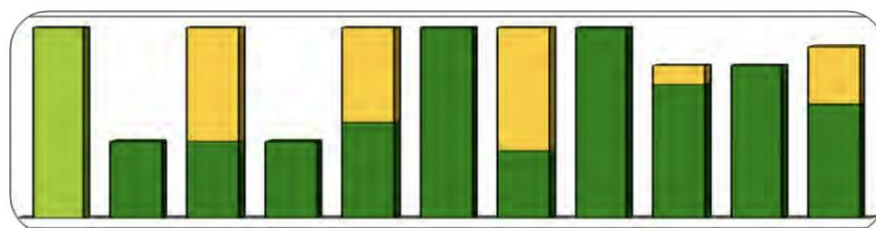
individuales elevadas. Si bien altas ganancias de peso son realizables sólo en base a pasturas, alcanzar ese objetivo implica duplicar el área necesaria por animal (Beretta & Simeone, 2008c), por lo cual la suplementación permite mantener igual ganancia diaria y ser más eficientes en el uso de los recursos, duplicando la carga del sistema.

2.2.3. Respuesta a la suplementación sobre verdeos

La suplementación sobre verdeos presenta como objetivo corregir deficiencias en calidad o cantidad de la dieta con base forrajera alcanzando una buena performance animal. Las respuestas o efectos esperados pueden ser directos o indirectos, mejorando la ganancia de peso individual, aumentando la utilización de las pasturas o expresando los resultados como kilos de carne adicionales por hectárea (Flores & Bendersky, 2010; Latimori & Kloster, s.f.).

Como se puede observar en la figura N° 3 existen distintos tipos de respuesta a la suplementación. La **adición** puede ocurrir cuando hay baja oferta de forraje, por lo que la suplementación incrementa las ganancias de peso sin variar la capacidad de carga de la pastura (De León, 2005). En el caso de **sustitución** el consumo de suplemento deprime el consumo de forraje, sin mejorar la performance animal, en general esta respuesta se encuentra cuando las pasturas a la que el animal está accediendo son de buena calidad y cantidad, es por esto que el suplemento no agrega nutrientes, pero si se modifica la capacidad de carga de la pastura debido a que el animal está consumiendo menos de la misma (Mieres, 1997).

Figura 3
Relación entre la pastura y el suplemento



Potencial	Adición TS=0	Adición con estímulo TS<0	Sustitución TS=1	Sustitución con depresión TS>1	Aditivo-Sustitutivo TS=0-1
-----------	-----------------	------------------------------	---------------------	-----------------------------------	-------------------------------

- ◆ Potencial de producción del animal
- ◆ Consumo de pastura
- ◆ Consumo de suplemento

Nota. Tomado de Viglizzo (1981, como se cita en Claramunt & Rodríguez Palma, 2015)

La **adición y sustitución** por lo general es la respuesta más frecuente, ocasionando aumentos de la ganancia de peso individual y posibilidad de incrementar la carga animal. En este caso hay cierta restricción por parte de la pastura pero que es corregida por el suplemento, la disponibilidad del forraje es en general media a baja (De León, 2005).

En el caso de la **adición con estímulo** lo que ocurre es que el consumo del suplemento estimula el consumo de forraje, como por ejemplo puede ocurrir con el suministro de proteína a animales pastoreando alimentos de baja calidad, donde la disponibilidad de forraje no es una limitante (Mieres, 1997).

Por último está la **sustitución con depresión**, esto puede ocurrir cuando el suplemento produce una disminución de la digestión del forraje y por lo tanto el consumo, en este caso disminuye la ganancia de peso, pero permite un aumento en la carga animal (De León, 2005).

Dada esta diversidad de respuestas, no es sencillo cuantificar el resultado de suplementar, debido a que se deben de tener en cuenta no solo los efectos principales que el suplemento produce en la respuesta animal, y la eficiencia de conversión de ese suplemento en carne, sino que también se debería de tener en cuenta el efecto que se produce en el forraje debido a que el animal tiende a consumir menos, dependiendo de que la disponibilidad y calidad de la pastura no sean limitantes (Latimori & Kloster, s.f.).

Para obtener ganancias de peso elevadas sobre verdeos es necesario suplementar a razón de 1-1.2% del peso vivo (Pordomingo, 1999), ya que con estos niveles de suplementación, el suplemento logra aportar 50% de la materia seca que el animal consume diariamente y más del 60% de la energía total ingerida. Para obtener ganancias extras sin modificar el consumo del forraje no se debería superar el 1% de PV de suplementación por animal al día, evitando el efecto sustitución en el consumo de forraje (Flores & Bendersky, 2010) y evitando que la fermentación de los granos de cereales afecte la utilización del forraje (Stritzler, 2004).

La herramienta de suplementación en pastoreo se realiza con el objetivo de mejorar la situación, por lo cual el suplemento debe colaborar y no interferir en la utilización de forraje.

2.2.4. Suplementación energética-proteica en verdeos de invierno

La suplementación energética en bovinos en pastoreos permite aumentar la cantidad de energía que el animal consume diariamente. Los granos aportan energía (alto contenido de almidón), poca proteína y casi nada de fibra (excepto la avena y cebada) logrando balancear la dieta, siempre y cuando el forraje base genere un aporte de proteína y fibra que logra complementar (Pordomingo, 1999). La suplementación energética ayuda a que el animal utilice mejor la proteína aportada por el forraje, lo que permite un uso más eficiente del alimento disponible (Banchero et al., 2011).

Los granos aportan energía a través del almidón, los granos de invierno (ej. trigo, centeno) presentan rápida solubilidad y fermentación en rumen en comparación a los granos de verano (ej. maíz y sorgo) (Pordomingo, 1999).

Cuando se suplementa sobre verdeos de invierno o pasturas de otoño que presentan alta degradabilidad ruminal, el proceso fermentativo del forraje es rápido y los granos molidos por lo general son la mejor opción para lograr un buen balance de nutrientes. En otras épocas del año con pasturas mixtas y verdeos más sazonados, aquellos granos de cosecha gruesa (maíz y sorgo), administrandolo de forma quebrada sería suficiente, mientras que los granos de cereales de invierno (avena, cebada trigo) podrían administrarse enteros Pordomingo (2003).

El uso de la suplementación invernal en la recría de terneros/as es una herramienta fundamental dada la mejora en la eficiencia del proceso no solo de la recría en sí, sino de todo el ciclo productivo. La aplicación de esta herramienta es muy interesante en el primer invierno de vida de los terneros/as cuando normalmente se enfrentan a un déficit en volumen y/o calidad de forraje (Luzardo et al., 2012). El mayor impacto de la suplementación se debe a que permite incrementar la receptividad de la pastura, aumentar o mantener la carga, lo cual depende de la disponibilidad y calidad del forraje ofrecido, traduciéndose en incrementos en la producción de kg carne/ ha (Flores & Bendersky, 2010).

La suplementación invernal es considerada una herramienta viable y ampliamente utilizada por parte de los productores ganaderos, donde existen diversos suplementos que pueden ser utilizados dependiendo el tipo de animal, la pastura y el costo relativo del suplemento para hacer viable el uso de esta tecnología (Quintans & Vaz Martins, 1994).

Existen una variedad amplia de trabajos realizados en Uruguay o en el exterior acerca de la respuesta a diferentes tipos y niveles de suplementación en la recría sobre verdeos de invierno.

Según resultados obtenidos por la Unidad de Producción Intensiva de Carne, terneros bajo asignaciones de forraje restringidas de raigrás (2,5 %) no presentaron diferencias significativas en términos de GMD si la comparamos con animales bajo AF 5%, independientemente de si fueron suplementados o no. Por lo que estudiar el manejo de terneros a altas cargas durante el invierno podría ser una alternativa en la cual cobre importancia la suplementación alcanzando un punto de equilibrio explicado por la carga/ha y la GMD (kg/a/d) (Beretta et al., 2021).

Simeone y Beretta (2004) reportan que las ganancias experimentadas en los sistemas de recría sobre verdeos o pasturas sembradas en la estación de invierno sin suplementación alcanza valores de 0,272 kilos/día bajo asignaciones de forraje restringida (2,5%PV), y para asignaciones de forraje altas (5%PV) 0,457 kilos/día. Existe una respuesta en la ganancia individual ante asignaciones de forraje mayores mejorando la performance, pero repercute en una disminución de la utilización de la pastura y en la producción de carne/ha hasta cierto punto debido a la menor carga animal (Simeone & Beretta, 2004). Cuando se aplica la suplementación invernal en terneros de recría manejado bajo asignaciones de forraje restringidas (2,5-3%) se logran ganancias del orden de los 550 gramos/día, logrando una eficiencia de conversión de 6 a 1 (Beretta & Simeone, 2008c). La inclusión de un nivel de suplementación de concentrados energéticos (sorgo molido) a razón del 1,2% PV, logra mejorar la performance individual de los animales bajo asignaciones de forrajes restringidas (2,5%) obteniendo ganancias de 600 gramos/día, traduciéndose esto en un aumento de la producción por unidad de superficie (Luzardo et al., 2010), con igual ganancia de peso que a AF altas.

Además de los suplementos energéticos tradicionalmente utilizados, también se ha evaluado el uso de suplementos energético-proteicos, como la burlanda de maíz o sorgo (DDGS) y el gran de lupino, especialmente en categorías altamente exigentes en proteína como lo son los terneros de recría (Tabla 1).

Bergós y Errandonea (2020) evaluaron diferentes alternativas de suplementación de terneras pastoreando verdeos de invierno a razón de 5kgMS/100kgPV, en el cual se disponían de 4 tratamientos, un grupo testigo y suplementación con diferentes

alternativas: grano molido de sorgo, DDGS y lupino partido. Los resultados obtenidos fueron de ganancias de 0,520; 0,667; 0,871 y 0,946 kg/d para los respectivos tratamientos. Siendo la eficiencia de conversión para cada suplemento de 13,1; 5,6 y 4,9 por cada kg de suplemento administrado, siendo el lupino partido la mejor alternativa en cuanto a eficiencia de conversión considerando esto como algo de gran importancia ya que está indicando que con menos cantidad de suplemento se logra obtener 1 kg de PV, repercutiendo en los resultados productivos y económicos del sistema.

Tabla 1

Composición química de los suplementos

	Composición química de los suplementos.			
	Sorgo	Maíz	DDGS de sorgo	Lupino
MO (%)	98.1		93.6	
PC (%)	7.4	7.3	30.7	27.19
NIDA * 6.25	1.9		13.5	
FDN (%)	16.1	9	55.3	31.45
FDA (%)	8.1	2.8	23.9	24.86
EE(%)	3.7	3.3	9.9	4.79
E. Bruta (Mcal/kg)	4.38		4.99	
E. Metabolizable (Mcal/ kg)	2.97	2.84	2.88	2.96

Nota. Adaptado de Beretta et al. (2018) y Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2019).

2.2.5. Caracterización y uso del grano de lupino

El cultivo de lupino conforma la familia *Leguminosae*, donde existen más de cien especies del género *Lupinus*. Es una especie invernal que presenta una producción de grano comestible de alto valor nutritivo, logra adaptarse a una alta gama de suelos donde la acidez y baja concentración de fósforo no es una limitante para su desarrollo por lo que se vuelve alentador la incorporación del mismo en la rotación sistema, sumado al aporte de nitrógeno mediante a la fijación biológica del nitrógeno, por lo que puede ser utilizado al momento de rotar cultivos disminuyendo costos en fertilizantes (Mera, 2016).

El grano de lupino se caracteriza por el alto contenido de proteína presentando valores en torno al 39% dependiendo el cultivar, donde el lupino blanco concentra mayor porcentaje que el australiano (*Lupinus angustifolius*) (Mera, 2016). Gross (1988, como se cita en Luna-Zamora et al., 2019) comenta que se han realizado estudios con más de 300

genotipos diferentes de lupino en los cuales se encontró que la PC varía de 41% a 51%. Siendo la semilla de Lupino la más rica en proteína que la mayoría de las leguminosas, con excepción de la soja.

La presencia de alcaloides en el grano ha sido una limitante importante a la hora de emplearlo como alimento animal y humano; sin embargo, según una serie de estudios realizados el *Lupinus angustifolius* presenta bajos niveles de alcaloides con valores menores o iguales a 0,05% cumpliendo con la norma de calidad (Ibañez et al., 1996) haciéndolo apto para su uso como alimento.

El aporte energético del grano de lupino proviene de un alto nivel de polisacáridos no amiláceos (NSP), siendo el principal polisacárido de almacenamiento el b-(1,4)-galactano, fácilmente fermentables generando un efecto significativo en la manera que los animales obtienen energía de dicho alimento (van Barneveld, 1999), sin riesgo de acidosis dado por niveles casi inexistentes de almidón a diferencia del resto de los granos Hill (1977, como se cita en Dixon & Hosking, 1992).

La suplementación con grano de lupino en dietas de rumiantes ha demostrado que presenta efectos positivos en términos de crecimiento y eficiencia reproductiva si lo comparamos con suplementos de granos de cereales (van Barneveld, 1999).

Datos de trabajos nacionales han reportado una ganancia de peso de 1,05 kg/d en terneros castrados siendo suplementados a razón de 1% con grano de lupino con una asignación de forraje restringida de 2,5% siendo significativamente superior a las ganancias registradas por los animales sin suplementación, que fue de 0,42 kg/d, obteniendo una eficiencia de conversión de 3,38 a 1 (Acland Benítez et al., 2023). Dicha eficiencia de conversión parece ser muy alentadora, para seguir generando información si la comparamos con suplementos comúnmente utilizados en los sistemas de recría (sorgo y grano de arroz con cáscara) donde la eficiencia se aproxima en una valor de 6,5:1 y 7,8:1 respectivamente (Carrau de Loy et al., 2023). A su vez se lo puede comparar con el grano de maíz, como suplemento energético por excelencia que presenta una eficiencia de conversión similar a las mencionadas anteriormente con un valor de 6,31:1 (Cepeda Bancho et al., 2005).

Continuando por la misma línea de investigación, Simeone et al. (2024) investigó la administración de grano de lupino mediante comederos de autoconsumo en terneras pastoreando raigrás a razón de 2,75kgMS/100kgPV; los resultados obtenidos dieron que

la eficiencia de conversión administrado en autoconsumo bajó comparada con la administración diaria a razón de 1% del PV (6,85:1 AC vs 5,73:1 SD), de todas formas sigue siendo muy competente si se lo compara con los suplementos nombrados anteriormente, y teniendo en cuenta que puede facilitar el trabajo diario en un establecimiento.

2.2.6. Procesamiento del grano y su efecto

Además del tipo de grano, el procesamiento del mismo influye en la ganancia de peso de los animales a los que se les administra como suplemento, por lo tanto, el objetivo de dicho procesamiento es aumentar la disponibilidad de los nutrientes, dejándolos más expuestos al ataque microbiano del rumen, alterando el sitio de digestión del alimento (Montiel, 2014; Velásquez et al., 2013). La masticación (rumia) del animal rompe los granos y aumenta su exposición a nivel ruminal y digestibilidad, pero esto no es del todo suficiente, sobre todo si el grano es complemento de dietas de alta calidad como verdeos de invierno o pasturas de leguminosas muy buenas donde la rumia es escasa y la tasa de pasaje del alimento por el tracto digestivo es alta (Pordomingo, 2003), es en estos momentos en donde hay que evaluar formas en la que la utilización del suplemento mejore.

Existen diferentes tipos de procesamientos de los granos, los cuales pueden clasificarse por tratamiento en frío o caliente, y dentro de esta clasificación puede diferenciarse por seco o húmedo (Guada, 1993). En este caso pondremos énfasis en los tratamientos en frío y seco lo cuales podrían ser: triturado, molido o aplastado. En el caso del tratamiento en frío se logra aumentar la superficie de exposición del grano a la acción enzimática de los microorganismos ruminales, tanto por reducción del tamaño de la partícula en el molido o el aplastado.

De esta manera, la eficiencia de la fermentación ruminal del grano se incrementa en la medida en que se expone el almidón al líquido ruminal. El procesado en molido o aplastado mejora la digestibilidad de los granos con respecto al ofrecido entero. El procesado del grano aumenta su digestibilidad y aprovechamiento. En términos generales, la reducción del tamaño expone el almidón y aumenta la solubilidad, consecuentemente se fermenta con mayor velocidad en el rumen. El tamaño y la cubierta exterior del grano afectan su utilización. De la misma manera, los de cubiertas más duras oponen mayor

resistencia a la acción de la microflora ruminal y su digestibilidad es menor (Pordomingo, 2003).

Para concluir, la mayor parte de los tratamientos a que son sometidos los granos de cereales y suplementos proteicos modifican su velocidad de degradación en rumen y con ellos la proporción de almidón o proteína que es digerida en este o en otros tramos posteriores del tracto digestivo, por lo tanto incidiendo en la eficiencia de utilización de la dieta y la respuesta animal (Guada, 1993).

En la década del 70, se realizó una evaluación de diferentes tipos de procesamientos en granos de cereales con el fin de evaluar su digestibilidad, pH ruminal, composición de ácidos grasos volátiles (AGV) y firmeza de la grasa subcutánea en corderos (Ørskov et al., 1974). Como resultado se obtuvo que dietas con grano entero de maíz, avena, cebada o trigo, favorecieron una mayor producción de ácido acético, mientras que granos procesados aumentaron la proporción de ácido propiónico. El pH ruminal fue menor cuando los granos presentaban un nivel de procesamiento. Respecto a la digestibilidad se observaron pequeños aumentos en la digestibilidad cuando se ofrecía cebada entera y suelta, comparado con la peletizada. En general la evaluación sostiene que no hay una reducción en la digestibilidad al usar cereales enteros.

A su vez, el grano de lupino presenta una fracción altamente degradable en rumen considerándose esto un aspecto muy ventajoso. Alderman y Cottrill (1993) reportan valores para las fracciones soluble y lentamente degradable en rumen de 26% y 73%, respectivamente, con una tasa de degradación $kd = 0.13\%/h$. La tasa de desaparición del N según Freer y Dove (1984) se encuentra afectada en gran medida por el tamaño de partícula dado por el procesamiento del grano de lupino. Dado una tasa de pasaje en torno al $0.05h^{-1}$ estos autores estimaron que la degradación de la proteína alcanza 90,79 y 70% cuando el procesamiento de grano es fino, medio o grueso.

Por otra parte Rojas y Catrileo (1998) reportan mediante un trabajo de investigación que no existen diferencias significativas en la eficiencia de conversión según el procesamiento del grano de lupino. Otros autores como May y Barker (1984) estudiaron la molienda en una dieta mezcla (cebada, lupino y avena), también afirman que la molienda del grano no afectó la duración del periodo de alimentación ni la ingesta diaria de materia seca, sin embargo existió un incremento en la tasa de crecimiento en 0.00289 kg de peso vivo/día, a su vez la conversión se vio favorecida donde por cada 1%

mas de grano molido incluido en la dieta la eficiencia disminuye en 0.027 kg de materia seca/kg ganancia de peso vivo y 0.050 kg de ganancia de peso en canal.

Más allá de la posible mejora en la utilización de los granos cuando se les realiza un procesamiento físico, y su repercusión en la performance animal, es importante recordar que esto conlleva un costo económico extra. Por lo tanto es de suma relevancia conocer cuál es el porcentaje de mejora en la utilización cuando el grano se procesa y la conveniencia de hacerlo.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVOS GENERALES

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con lupino y su procesamiento sobre la producción animal y eficiencia de uso del alimento en terneros pastoreando raigrás con oferta de forraje restringida.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Específicamente se buscó:

- Evaluar el efecto de la suplementación con grano de lupino entero o quebrado sobre la curva de crecimiento invernal de terneros pastoreando raigrás cv Selva, con una asignación de forraje del 2,5%
- Evaluar el efecto de la suplementación y procesamiento del grano sobre la utilización de la pastura y la eficiencia de conversión del suplemento.

4. HIPÓTESIS

La suplementación con grano de Lupino mejorará el desempeño individual de terneros pastoreando raigrás con oferta de forraje restringida, así como la producción de carne por hectárea. La magnitud de esta respuesta variará en función del grado de procesamiento del grano, logrando un mejor desempeño individual cuando se ofrece grano quebrado vs grano entero, dado un mayor aprovechamiento del mismo a nivel digestivo.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. PERIODO Y ÁREA EXPERIMENTAL

El trabajo se llevó a cabo en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) ($32^{\circ}23' 20.922''$ S; $58^{\circ} 2'52.282''$ W) de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), de la Facultad de Agronomía, en el departamento de Paysandú, sobre aproximadamente 3.3 ha de raigrás (*Lolium multiflorum*) cv. Selva de la empresa Gentos (Figura N°4). El periodo experimental se llevó a cabo desde el 26 de junio del 2024 hasta el 3 de septiembre del mismo año, sumando un total 70 días. Previo al inicio del experimento se realizó un periodo pre experimental de acostumbramiento de una semana de duración.

Figura 4

Croquis del potrero donde se llevó a cabo el experimento



Nota. Adaptado de Google (2025).

5.2. SUELO

Según la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay el área experimental se encuentra ubicada sobre la Unidad San Manuel, donde el material generador es Lodolitas cuaternarias sobre Fray Bentos, con suelos dominantes Brunosoles Eutricos Tipicos (Haplicos) y suelos asociados Brunosoles Eutricos Lúvicos. Se caracteriza por presentar un índice de productividad de 149 (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca

[MGAP], s.f.), descrito con un relieve mesetiforme, con fertilidad alta y moderada, para uso agrícola pastoril con cultivos invernales, estivales y campo natural.

5.3. CLIMA

Los registros climáticos utilizados fueron obtenidos de la estación meteorológica propia de la EEMAC y el Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET).

5.4. ANIMALES Y TRATAMIENTOS

El experimento se llevó a cabo con un total de treinta y seis terneros Hereford castrados ($154,8 \pm 10,4$ kg) provenientes del rodeo experimental de la EEMAC, nacidos en la primavera de 2023. Los mismos fueron pesados y asignados al azar con previa estratificación de peso, a 9 grupos y estos a uno de 3 tratamientos, dando como resultado 3 repeticiones por tratamiento, de 4 animales cada una. Los tratamientos fueron:

- Pastoreo de raigrás con una asignación de forraje (AF) de 2.5 kg de MS/100 kg de peso vivo (2.5%PV) sin suplementación (Testigo).
- Pastoreo de raigrás a la misma AF más suplementación diaria con grano de lupino entero, ofrecido a razón de 1 kg de MS/100 kg de peso vivo (SLE)
- Pastoreo de raigrás a la misma AF más suplementación diaria con grano de lupino quebrado, ofrecido a razón de 1 kg de MS/100 kg de peso vivo (SLQ)

5.5. PASTURA Y SUPLEMENTO

La base forrajera utilizada fue *Lolium multiflorum* cv Selva de la empresa Gentos. Este es un raigrás itálico por lo que presenta requerimientos de frío para florecer, es decir que aquellos macollos formados a fin de invierno o primavera no florecen y entran al verano de forma vegetativa. A su vez, es un material tetraploide, caracterizado por presentar hojas medias a anchas, con buena sanidad. Presenta muy buena producción total y el 60% de su producción se da en primavera.

El mismo fue sembrado el 9 de abril de 2024 recibiendo una fertilización de 100 kg/ha de fosfato diamónico al momento de la siembra, a su vez recibió una fertilización de 100 kg/ha de UREA pre y post pastoreo. El primer pastoreo se llevó a cabo con el inicio del experimento el 26 de junio del 2024, con una disponibilidad promedio de 1931 kg MS/ha y una altura de 23.9 cm.

En los tratamientos correspondientes (SLE y SLQ), se suplementó utilizando grano de lupino (*Lupinus angustifolium*). El grano suministrado a los animales presentó dos tipos de procesamiento: grano entero y grano quebrado con un tamaño de partícula de 2 a 4 mm.

5.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

5.6.1. Periodo de acostumbramiento

Días previos al comienzo del periodo experimental se realizó la sanidad completa de los animales, para luego entrar al periodo de acostumbramiento. Dicho periodo consiste en suplementar a los animales asignados a los tratamientos con suplementación al 1% del PV con ración comercial ya conocida por los animales, reduciendo gradualmente un 20% cada día de dicha ración, y por lo contrario, sustituyendo ese 20% con grano de lupino correspondiente al tratamiento (entero o quebrado). De esta manera en el correr de 5 días se llegó a que el consumo fuera 100% de grano de lupino. Los animales quedaban encerrados en la noche en corrales, en la mañana temprano se suplementan y luego se soltaban a pastorear raigrás con una oferta de 2.5% del PV; en la tarde se volvían a encerrar en los corrales con agua; esto se repitió durante toda la semana de acostumbramiento al lupino. Finalizando este periodo de acostumbramiento de una semana todos los animales fueron pesados con ayuno previo y sin orden preestablecido, considerándose este el peso de inicio del experimento.

5.6.2. Manejo del pastoreo

Se llevó a cabo un pastoreo rotativo en franjas con 7 días de ocupación, donde la oferta de forraje fue ajustada semanalmente a 2,5 kg de MS cada 100 kg de PV, variando el área de la parcela en base la MS disponible y al último peso vivo vacío registrado para cada repetición. Los terneros regresaron a una parcela ya pastoreada en función de la acumulación de forraje en aproximadamente 48 días. El suministro de agua se realizaba diariamente por las mañanas, moviendo los animales desde la parcela al bebedero para suministro de agua fresca y limpia con acceso *ad libitum*.

5.6.3. Manejo de la suplementación

Diariamente por la mañana, cada repetición correspondiente a los tratamientos suplementados con grano de lupino (entero y quebrado), se le suministraba la cantidad correspondiente al 1% del peso vivo según el dato promedio de la última pesada, dicha

cantidad fue ajustada en base seca sin considerar la proyección de ganancia en el periodo entre pesadas. Cada tratamiento presentaba un comedero grupal ubicado dentro de la parcela de pastoreo asegurando un frente de ataque de 30 cm/animal.

5.6.4. Registros y mediciones de los animales

El peso vivo de los animales fue registrado al inicio del período experimental y cada 14 días, siempre temprano en la mañana, con previo ayuno de 12 horas, sin acceso a agua y sin orden de ingreso predeterminado, siendo mezclados todos los tratamientos, previo a la pesada. La altura al anca fue determinada a inicio y fin del periodo experimental a través del uso de una barra métrica.

5.6.5. Registros y mediciones de la pastura

Semanalmente se determinó la altura y biomasa de forraje disponible pre-pastoreo, de tres a cuatro días antes de entrar a la nueva parcela, para poder darle el tiempo suficiente al secado (estufa de aire forzado por 48hs a 60°C) y análisis de los datos correspondientes, para realizar el ajuste de la oferta de forraje. El método utilizado fue el de rendimientos comparativos (Haydock & Shaw, 1975). Este método consiste en marcar una escala de tres estratos en función de la cantidad de biomasa aérea mediante apreciación visual; la escala 1 representa los puntos de menor cantidad de biomasa y la escala 3 es la de mayor cantidad de biomasa.

Una vez identificadas las escalas, se procedió a realizar 6 cortes (2 cortes por escala) de biomasa a ras del suelo utilizando cuadrados de 9,98m² (0,3mx0,3m), medición de la altura 5 veces en diagonal dentro del cuadrado registrando el punto de contacto más alto y registro de la proporción de restos secos y suelos desnudo de la misma.

Luego de haber sacado dos muestras de biomasa de cada escala, se marcaron 30 puntos por parcela identificando altura y escala a la que pertenecía cada punto para de esta manera poder tener la altura promedio al ingreso a la parcela y la frecuencia de cada escala dentro de cada parcela para posteriormente calcular la MS disponible. A las muestras de las escalas se las llevó al laboratorio en el que se registró el peso fresco de cada una previo a la entrada a la estufa de aire forzado a 60°C, por aproximadamente 48 horas hasta obtener un peso constante, luego de retirarlas de la estufa se registró el peso por escala y junto con los datos de frecuencia obtenidos a campo se calculaba la disponibilidad de materia seca de cada parcela individual. Las muestras secadas de forraje

se molieron en molino de martillo (1mm) y se conservaron para su posterior análisis químico.

Para el caso del forraje remanente, se utilizó el mismo método descrito anteriormente y se midió una vez que los animales eran ingresados a la nueva parcela. Con estos datos de el forraje remanente se pudo calcular la utilización del forraje para todas las semanas, estimado mediante $UF (\%) = \frac{\text{Biomasa de Forraje desaparecido}}{\text{Biomasa ofrecida}} \times 100$. Por otro lado el consumo de materias seca de forraje (Método agronómico =forraje desaparecido) fue estimado como $CMS (\text{kg}/100 \text{ kg peso vivo}) = OF \text{ efectiva} \times UF$.

5.6.6. Registros y mediciones del suplemento.

Cada 14 días coincidiendo con la pesada de los animales, se tomó una muestra del suplemento para determinar el contenido de MS en estufa de aire forzado (48hrs a 60°C) y así ajustar la cantidad ofrecida. Para en casos donde existía rechazo de suplemento se tomaba una muestra por parcela diaria del mismo para determinar el contenido de MS del mismo, en base a estos registros mencionados se estimó el consumo diario de alimento en términos de MS como la diferencia entre lo ofrecido y el residual.

5.7. ANÁLISIS QUÍMICO

Las muestras de alimento ofrecido y alimento rechazado fueron procesadas por el Laboratorio de Análisis Químico de la EEMAC a las cuales se les determinó el contenido de materia seca (MS, Latimer, 2012, método 934.01), cenizas (Latimer, 2012; método 942.05), proteína cruda (PC, Latimer, 2012; método 984.13), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest et al., 1991).

5.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado según un diseño completamente al azar, siendo la parcela de pastoreo ocupada por el grupo de animales la unidad experimental (4 terneros), con 3 repeticiones/tratamiento.

Se consideraron diferencias significativas cuando $P \leq 0,05$, y tendencias cuando P se ubicó entre 0,05 y 0,1. Cuando el efecto del tratamiento fue significativo, las medias de tratamientos fueron comparadas mediante contrastes ortogonales (t-1), evaluando el efecto de la suplementación (Testigo vs. SLE+SLQ) y el efecto del procesamiento del grano de lupino (SLQ vs SLE).

El peso vivo y la ganancia diaria estimada fueron analizados utilizando un modelo de heterogeneidad de pendientes de medidas repetidas en el tiempo que incluye: $Y_{ijk} = \beta_0 + \alpha_j + \varepsilon_{ij} + \beta_1 d_k + \beta_1 \alpha_j d_k + \delta_{ijk}$ Donde: Y_{ijk} : es el peso vivo. β_0 : es el intercepto. 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 tratamientos. β_1 : es la pendiente promedio (ganancia diaria) del peso vivo en función de los días (d k). $\beta_1 \alpha_j$: 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: $Y_{ijklm} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij} + M_k + (\alpha M)_{jk} + \delta_{ijk}$ 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. 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. $Y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$ Donde: Y_{ij} : variable de respuesta (peso vivo final o eficiencia de conversión del suplemento). μ : media poblacional. α_j es el efecto de la j-ésimo tratamiento (1, 2, 3). ε_{ij} es el error experimental (entre animales).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Condiciones ambientales

En la tabla N°2 se presenta la temperatura y precipitaciones históricas para el departamento de Paysandú y las correspondientes al periodo experimental en EEMAC.

Tabla 2

Precipitaciones y temperaturas promedio históricas en el departamento de Paysandú y durante el periodo experimental

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Temperatura mínima (°C)	9,9	4,4	8,1	10,6
Temp. mínima histórica (°C)	7,7	6,9	8,2	9,7
Temperatura máxima (°C)	17,4	16	16	16,1
Temp. máxima histórica (°C)	17,6	17	19,5	21,2
Precipitaciones (mm)	36,7	8,4	48,8	60,6
Precip. media histórica (mm)	72	55	75	79

Nota. Adaptado de Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET, s.f.) y Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC, 2025).

La temperatura mínima en el experimento fue inferior a 2,5°C para el mes de julio y mínimamente inferior en el mes de agosto; por lo contrario fue superior en los meses de junio y septiembre. En cuanto a la temperatura máxima del experimento, en los meses de junio y julio fueron muy similares a la histórica, pero en los meses de agosto y septiembre, se logran ver diferencias de 3°C inferiores para el año del experimento, esto puede repercutir en el crecimiento y desarrollo del raigrás ya que la temperatura ejerce una acción positiva sobre los mismos (Velázquez et al., 2015).

6.2. Análisis químico del suplemento.

En la Tabla N°3 se detallan los resultados del análisis químico realizado para el grano de lupino utilizado en el periodo experimental, donde se puede notar el alto aporte proteico y energético con valores de 34% para PC y 4,14 Mcal/kg la energía bruta.

Tabla 3*Composición química del grano de lupino utilizado en el período experimental*

	Análisis						
	MS%	C%	PC%	FDN%	FDA%	EE%	EB Mcal/kg
Lupino grano	90.9	4.64	34.54	33.68	21	6.62	4.14

Nota. MS(materia seca); C(cenizas); PC(proteína cruda); FDN(fibra detergente neutra); FDA(fibra detergente ácida); EE(extracto etéreo); EB(energía bruta).

6.3. Características de la pastura

En la Tabla 4 se presentan los resultados respecto a la condición de la pastura (biomasa y altura) y su utilización promedio durante el periodo experimental.

Tabla 4*Efecto de la suplementación y su procesamiento sobre condición y utilización del raigrás Selva*

	Tratamientos ¹			EE	Significancia de los efectos ²	
	Testigo	SLE	SLQ		T vs SLE + SLQ	SLE vs SLQ
Biomasa pre-pastoreo, kgMS/ha	2698	2716	2517	176,76	0,7257 ns	0,4667 ns
Altura pre-pastoreo, cm	20,51	20,73	20,05	0,57	0,8668 ns	0,4173 ns
Biomasa remanente, kgMS/ha	798	1134	1097	84,58	0,0221 *	0,7708 ns
Altura remanente, cm	6,33	8,37	8,56	0,59	0,0261 *	0,8318 ns
Utilización, %	68,80	55,60	53,63	3,00	0,0085 **	0,6594 ns

Nota. ¹ Testigo: sin suplementación; SLE: suplementación con grano de lupino entero; SLQ: suplementación con grano de lupino quebrado. ² Significancia de los efectos: *** P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns: P>0,05; EE: Error estándar.

La biomasa disponible pre pastoreo y altura promedio fueron de 2644 kg/MS y 20,4 cm, donde no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$) (Tabla 4).

En cambio, si existieron diferencias significativas en la utilización de la pastura; cuando comparamos el tratamiento testigo vs los suplementados, se observó una reducción de un 14% en la utilización de la pastura para los animales suplementados, coincidiendo con lo reportado por Carriquiry et al. (2002) donde afirma que la suplementación con concentrados disminuye significativamente el porcentaje de utilización del forraje, debido a un efecto de sustitución del forraje por concentrado.

La utilización de la pastura es elevada sobre todo en el tratamiento testigo asociado a una oferta de forraje restringida (2,5% PV) explicada por una alta presión de pastoreo, coincidiendo estos valores de utilización de forraje con los reportados por Lombardo (2012), donde logra bajo asignaciones restringidas (3%PV) utilidades que oscilan de 45-60%, definiendo a los procesos productivos como multifactoriales. Cepeda Banchemo et al. (2005) obtuvo similares resultados en terneros pastoreando raigrás a una asignación de forraje de 2,5% de PV suplementados con maíz a razón de 1% de PV, en el cual el testigo presentó una utilización de forraje de 68,2%, mientras que para los tratamientos suplementados fue de 57,5%.

La menor utilización de forraje de los tratamientos suplementados se puede ver reflejada en la mayor biomasa y altura remanentes, traduciéndose esto en un menor consumo de forraje (Tabla 5). Pese a que en el tratamiento testigo se observó una biomasa remanente significativamente menor y por lo tanto también una menor altura del remanente, esto no habría sido una limitante en el crecimiento de la pastura ya que según Carámbula (2004), es importante que el forraje remanente sea realmente eficiente, y en el caso del raigrás por ser una especie erecta, la altura mínima en la cual no es afectada desfavorablemente para el posterior crecimiento es de 5 cm. En el caso del tratamiento testigo, que fue el tratamiento que presentó menor altura remanente, la misma siempre se encontró por encima de ese valor (6,33cm).

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos suplementados por efecto del procesamiento del grano (entero vs. quebrado) para ninguna de las características de la pastura y su utilización.

6.4. Consumo de forraje y suplemento

En la Tabla 5 se presenta el consumo de MS promedio diario de forraje y suplemento expresado en kg cada 100kg de PV y kg /animal/día, como también el consumo total de MS.

Tabla 5

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

		Tratamientos ¹				Significancia de los efectos ²	
		T	SLE	SLQ	EE	T vs SLE + SLQ	SLE vs SLQ
Consumo MS							
kg/cab/día	Pastura	2,95	2,5	2,46	0,11	0,014 *	0,831 ns
	Lupino		1,71	1,71	0,08		0,9968 ns
	Consumo total	2,95	4,2	4,17	0,11	0,001 ***	0,8268 ns
Consumo MS							
kg/100 kg de PV	Pastura	1,73	1,39	1,34	0,08	0,008 **	0,6515 ns
	Lupino		0,95	0,93	0,04		0,7004 ns
	Consumo total	1,73	2,34	2,27	0,07	0,003 **	0,4833 ns

Nota. ¹ Testigo: sin suplementación; SLE: suplementación con grano de lupino entero; SLQ: suplementación con grano de lupino quebrado. ² Significancia de los efectos: *** P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns: P>0,05. EE: Error estándar.

El consumo de forraje fue significativamente menor (1,39 y 1,34 kg MS/ 100 kg PV para SLE y SLQ) para los animales suplementados con lupino respecto al testigo (1,73 kg MS/100 kg PV) sin diferencias significativas entre los tratamientos suplementados según procesamiento del grano (P>0.05). Esta respuesta ya se veía reflejada en la utilización del forraje como se discutió anteriormente.

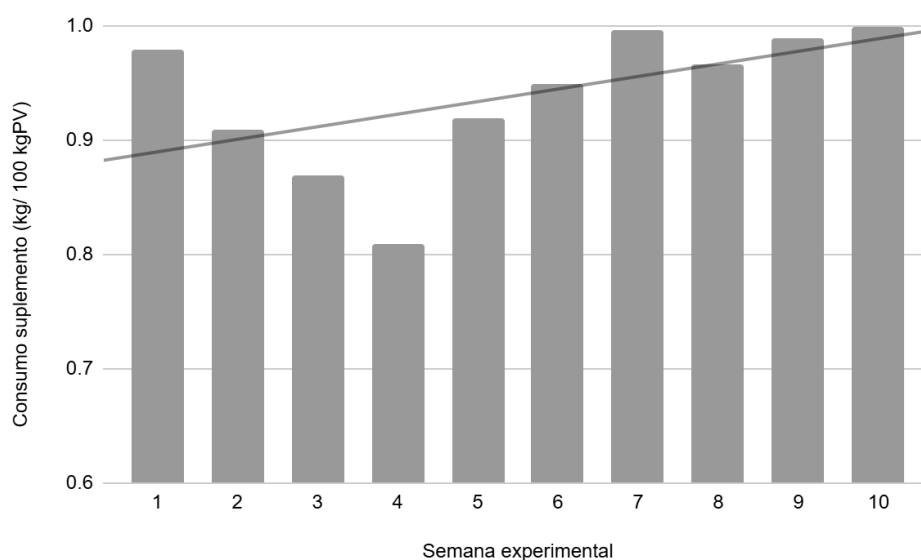
Por otro lado, el consumo de suplemento para SLE y SLQ no presentó diferencias significativas expresado tanto en % PV como también en kg/d (P> 0,05), por lo cual no

se detectó una respuesta al procesamiento del grano de lupino sobre esta variable (Anexo A). En ambos casos, en promedio no se llegó a consumir la totalidad de lo asignado (1% PV), presentando diferencias significativas entre semanas (Anexo B) con una tendencia a aumentar el consumo del suplemento a medida que avanzaban las semanas como se observa en la Figura 5, pudiendo interpretar esto como un mayor acostumbramiento a el suplemento a medida que las semanas transcurrían.

Si bien era esperable en la primera semana de experimento, un consumo menor al registrado (0,98 %PV) por ser la primera semana de consumo del grano, esto podría ser explicado por error experimental donde no se registraron los datos suficientes. A su vez, la semana N°4 donde se presenta una gran disminución de consumo (0,81 %PV) se asocia a condiciones climáticas adversas donde se presentaron precipitaciones alterando así los resultados. A pesar de estas diferencias observadas a simple vista, no existe una interacción semana-tratamiento que sea estadísticamente significativa ($P=0,5534$).

Figura 5

Evolución semanal del consumo promedio de suplemento expresado en kg /100kg PV



Como se puede observar en la Tabla 5 y en la Figura 6 el consumo total de MS expresados tanto en kg MS/cab/día como en kg/100 kg PV, presenta diferencia significativa ($P<0,001$ y $P<0,01$) entre el tratamiento testigo y los suplementados, no existiendo diferencia según procesamiento del grano de lupino lo cual demuestra un efecto de sustitución con adición, ya que si bien se dejó de comer forraje por suplemento, el consumo total en los tratamientos SLE Y SLQ fueron significativamente superiores.

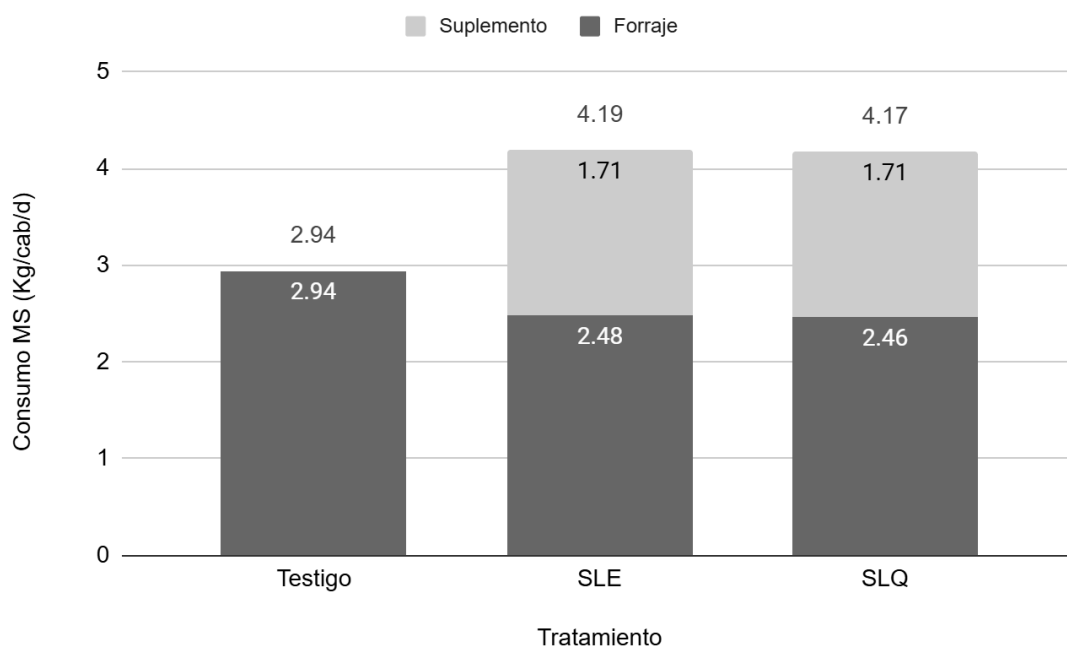
Se evidencia la reducción de 15,9% en el consumo de forraje en kg MS/cab/día en animales suplementados independientemente del procesamiento del grano respecto al testigo sin suplementar. El consumo de forraje se vio afectado significativamente ($P=0,014$ y $0,008$ para consumo kg/cab/día y kg/100 kg PV) por la inclusión del suplemento, presentándose una tasa de sustitución de 0,26 es decir que dejan de consumir 0,26 kg de forraje por cada kg de suplemento, esto se contrapone con resultados publicados por Acland Benítez et al. (2023) y Berasain et al. (2002), donde afirman que el consumo de forraje no se vio afectado estadísticamente por la inclusión del suplemento bajo la misma asignación de forraje (2,5%), la cual genera una situación de oferta restringida. Para Vaz Martins (1997) el nivel de sustitución de forraje por concentrado presenta una relación directa con la cantidad de forraje disponible, donde a bajos niveles de restricción del consumo (1,5%) la tasa de sustitución es mínima, en contraposición a lo ocurrido.

Por otro lado, Pordomingo (2003) señala que con una suplementación superior al 0,5% del PV animal, es muy probable que se dé un efecto de sustitución, por lo que se esperaría una disminución en el consumo de forraje de los suplementados frente al testigo, lo cual fue registrado en este caso.

Como se puede observar en la Figura 6, además de existir un efecto sustitución se evidencia un efecto de adición de consumo de MS total, esto suele suceder cuando existe una restricción por parte de la pastura y es corregida por el suministro de suplemento en la dieta, dándose en casos de disponibilidad del forraje media a baja (De León, 2005; Rovira & Clariget, 2024).

Figura 6

Consumo MS total promedio del experimento según tratamiento representando el aporte del forraje y suplemento



Nota. Testigo: sin suplementación; SLE: suplementación con grano de lupino entero; SLQ: suplementación con grano de lupino quebrado.

6.5. Performance animal

En la tabla 6 se presentan los datos experimentales relacionados a la performance animal, según tratamiento. El peso vivo inicial entre tratamientos no presentó diferencias significativas ($p=0,74$), lo cual es producto de la aleatorización y asignación al azar de los animales a cada tratamiento, luego de ser preclasificados por peso. Esto es un aspecto importante ya que permite desarrollar el experimento en igualdad de condiciones pudiendo ver realmente el efecto de los tratamientos sobre las variables productivas.

La ganancia diaria (GMD) lograda en el tratamiento testigo sin suplementación, es de 0,44 kg/día siendo un valor elevado si la comparamos con antecedentes generados para las mismas asignaciones de forraje, Simeone y Beretta (2004) reportan valores de 0.272 kg/día para terneros pastoreando praderas mezcla de gramínea y leguminosas en la estación de invierno. Por otro lado se han reportado valores similares de GMD para terneros manejados al 2,5% AF sobre verdeos de raigrás cv Bill Max por Acland Benítez et al. (2023), donde se reportan valores de 0,42 kg/día. Estas buenas ganancias aun con asignaciones de forraje restringidas pueden estar explicadas por el tipo de material

tetraploide utilizado, ya que presentan hojas más anchas: con mayor contenido celular; pared fina; menor contenido de fibra y mayor contenido de carbohidratos solubles y por lo tanto mayor digestibilidad, traduciéndose esto en mayor calidad y palatabilidad comparado con materiales diploides (Amigone & Tomaso, 2007; Bologna, 2014).

Tabla 6

Efecto de la suplementación y procesamiento sobre performance animal y eficiencia de conversión del suplemento

	Tratamientos ¹				Significancia de los efectos ²	
	T	SLE	SLQ	EE	T vs SLE + SLQ	SLE vs SLQ
Peso inicial, kg	158	159	160	3,41	0,7407 ns	0.7646 ns
Peso final, kg	190	217	226	6,35	0,0003 ***	0.3367 ns
Ganancia de peso vivo, kg/día	0,44	0,84	0,94	0,07	<,0001***	0,3315 ns
Respuesta a la suplementación, kg/día ³	-	0,39	0,49		-	-
Eficiencia de conversión del suplemento ⁴	-	4,54	3,92	0,59	-	0,4980 ns

Nota. T: testigo sin suplementación; SLE: suplementación con grano de lupino entero; SLQ: suplementación con grano de lupino quebrado. ²Significancia de los efectos: *** P<0.001; ** P<0.01; * P<0.05; ns: P>0.05. EE: error estándar. ³Corresponde a la diferencia entre la ganancia de peso del tratamiento suplementado respecto al testigo. ⁴Consumo de suplemento (kg) por kg de ganancia de PV debido al suplemento.

La suplementación invernal mejoró significativamente la ganancia media diaria de los animales, presentándose una diferencia a favor de los tratamientos suplementados con un valor de GMD extra de 0,39 kg/d (SLE) y 0,49 kg/d (SLQ), siendo estos valores 1,9 y 2,13 veces mayor respecto a la GMD lograda por el testigo; no encontrándose diferencias significativas según procesamiento del grano. En base a esto, se aprueba la primera parte de la hipótesis relacionada al mejor desempeño individual logrado por efecto de la suplementación. Estos datos coinciden con los reportados por Acland Benítez et al. (2023) y Bergós y Errandonea (2020), en los cuales se observaron GMD adicional como respuesta a la suplementación de 0,63 kg/d y 0,43kg/día respectivamente. Por otra parte se rechaza la segunda parte de la hipótesis relacionada al efecto del procesamiento, ya que no se detectaron diferencias significativas para GMD entre SLE y SLQ, a pesar de

que se esperaba una respuesta positiva a favor de SLQ, por efecto del procesamiento y disponibilidad del grano al ataque microbiano, logrando una mejor digestión.

El peso vivo final de los animales suplementados fue 16,6% mayor que los testigos, logrando entrar a la estación de primavera con un peso vivo promedio de 220kg, dado por su buena performance animal durante el invierno. Estas diferencias a favor de la suplementación, van de la mano con el mayor consumo de MS (ver tabla 5) y de energía metabolizable (EM), esto podría explicarse debido a que el suplemento permite corregir el desbalance de energía y proteína a nivel ruminal, mejorando la eficiencia de síntesis proteica microbiana y por ende la digestión (Pordomingo, 2003).

La eficiencia de conversión se refiere a la cantidad de alimento requerida por unidad de ganancia de peso adicional conseguida, por lo que se puede expresar como los kilos de alimento necesarios para la ganancia de un kilo de peso vivo, o los gramos de ganancia extra que permite un kilogramo de alimento (Di Marco, 2006). La eficiencia de conversión (EC) para este experimento fue de 4,54:1 y 3,92:1 para el tratamiento SQE y SQL, respectivamente. Estos resultados presentan una mejora EC si lo comparamos con los reportados por Simeone et al. (2024) en donde bajo similares asignaciones de forraje (2,75%) la EC fue de 6,8:1 y 5,7:1 para autoconsumo y suplementación diaria, en terneras pastoreando raigrás. A su vez, fue levemente mejor en términos de EC que los resultados reportados por Bergós y Errandonea (2020) en donde reportan valores de EC de 4,9:1 en terneras pastoreando un verdeo de avena a una AF de 5% suplementadas con lupino. Acland Benítez et al. (2023) alcanzó valores de EC 3,38:1 para terneros sobre raigrás bajo asignaciones de forrajes restringidas, siendo valores similares a los obtenidos por este experimento.

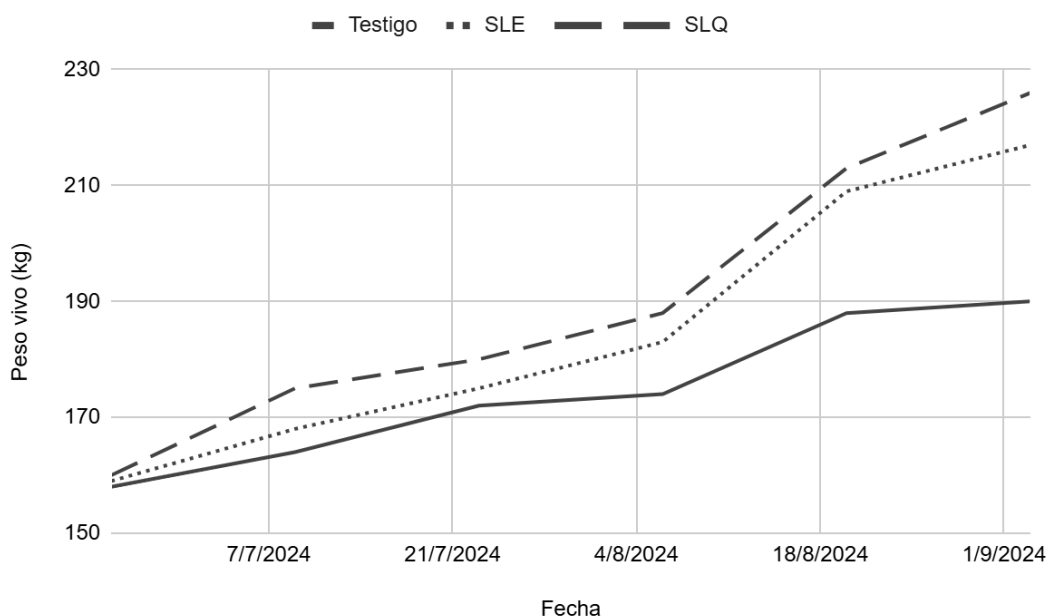
El procesamiento del grano no presentó diferencias estadísticas significativas en términos de EC, concordando esto con datos reportados por Acosta et al. (2022) donde se trabaja con novillos pastoreando sorgo forrajero. Si bien estadísticamente no existen diferencias por efecto del procesamiento del grano, existe una reducción de 0,62 kg suplemento quebrado/kg ganancia, es decir que se necesitan 13,7% menos de suplemento para alcanzar la misma ganancia que el entero, logrando terneros 9 kg más pesados a fin del experimento (217 kg vs 226 kg para SLE y SLQ). Si esto se analiza en términos productivos y económicos, se deberá contemplar el valor USD/kg ternero, la EC lograda y el costo adicional por el procesamiento del grano para definir la conveniencia de molerlo según el escenario de precios. Si lo analizamos a los precios actuales del mercado

para la semana N° 47 del año 2025 según la Asociación de Consignatarios de Ganado (ACG, s.f.), donde el precio promedio del ternero mayor de 180 kg PV es de 3,08 USD/kg, el precio máximo que se podría pagar la tonelada de lupino quebrado sería de 785 USD (3,08 usd/kg ternero / 3,92 EC) y para lupino entero sería de 678 USD (3,08 usd/kg ternero / 4,54 EC); por lo que en la situación actual se podría pagar 107 USD más por la tonelada de lupino quebrado.

En la figura 7 se puede observar la evolución del peso vivo de los 3 tratamientos, en donde queda en evidencia la gran brecha del peso final en los animales suplementados independientemente del tratamiento, logrando un crecimiento sostenido alcanzando un peso final promedio de 222 kg vs 190 kg (testigo).

Figura 7

Evolución del peso vivo (kg) según tratamiento Testigo, SLE y SLQ



6.6. Indicadores de productividad física

En la Tabla 7 se presenta un resumen de los indicadores físicos, en donde se puede observar que la producción de carne por ha al suplementar se duplicaron comparadas con el tratamiento testigo (665 kg/ha vs 375 kg/ha), por lo que comprueba la primera parte de la hipótesis planteada. Estos datos son de gran importancia para los sistemas de producción ganadera, ya que para animales manejados a altas cargas en una estación crítica como el invierno, se obtuvieron buenas ganancias logrando un mayor peso al inicio

de la primavera. Este manejo permitirá alcanzar un punto de equilibrio en el cual se maximiza la carga y la GMD repercutiendo esto en la producción anual de carne y por ende en los valores económicos del predio de manera positiva.

Tabla 7

Indicadores de productividad física para los tratamientos del periodo experimental

	Tratamientos ¹		
	T	SLE	SLQ
Peso promedio , kg/cab	174	188	193
Periodo, días	70	70	70
Producción de carne, kg/ha	375	652	659
Carga, cab/ha	12	11.1	10
Ganancia diaria, kg/cab/día	0.45	0.84	0.94

Nota. ¹T: testigo sin suplementación; SLE: suplementación con grano de lupino entero; SLQ: suplementación con grano de lupino quebrado.

7. CONCLUSIONES

Ternereros pastoreando raigrás Selva en su primer invierno de vida bajo asignaciones de forraje restringida (2,5% PV) presentan ganancia diaria de peso de 0,44 kg/d, resultados superiores a los reportados en trabajos similares anteriormente (0,272kg/d), por lo que se logró obtener una buena utilización de la pastura (68,8%) y a su vez buena ganancia estando bajo una asignación de forraje restringida ; a través de la suplementación invernal diaria con grano de lupino a razón del 1% PV las ganancias individuales de peso se duplicaron a 0,89 kg/d. No se detectó un efecto del procesamiento del grano por lo cual se logra la misma performance al utilizar tanto grano de lupino entero como molido.

La producción de carne por hectárea mejoró significativamente con una respuesta en 280,5 kg/ha extra a favor de animales suplementados, registrando excelentes valores de EC, en torno a 4:1, lo cual valida esta tecnología para ser aplicada en recría de terneros.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acland Benítez, M., Blanco Lacuesta, W., & Soca Ormazabal, D. (2023). *Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la respuesta productiva a la suplementación con grano de lupino en terneros Hereford pastoreando raigrás Bill Max durante el invierno* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/42021>
- 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://hdl.handle.net/20.500.12008/36673>
- Alderman, G., & Cottrill, B. R. (Comps.). (1993). *Energy and protein requirements of ruminants*. CAB International.
- Amigone, M. A., & Tomaso, J. (2007). *Principales características de avenas y raigrases*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/29-avena_raigrases.pdf
- Asociación de Consignatarios de Ganado. (s.f.). *Ganado gordo (promedios)*. <https://acg.com.uy/>
- Ayala, W., Bemhaja, M., Coto, B., Docanto, J., García, J., Olmos, F., Real, D., Rebuffo, M., Reyno, R., Rossi, C., & Silva, J. (2010). *Forrajeras: Catálogo de Cultivares 2010*. INIA. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3217/1/Catalogo-de-cultivares.Forrajeras.18429300810155513.pdf>
- Banchero, G., Mieres, J., Tieri, M., & La Manna, A. (2011). Cómo consumir sus verdeos de invierno con terneros o novillos teniendo una buena utilización de los mismos. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada de Ganadería: El menú de la invernada* (pp. 4-8). <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/630/1/112761251011125751.pdf>

- Berasain, S., Patrón, L., & Vidart, M. (2002). *Efecto de la suplementación energética con fuentes de diferente degradabilidad ruminal sobre el comportamiento ingestivo y consumo voluntario en novillos Hereford pastoreando en dos asignaciones de forraje en verdeo y pradera en estado vegetativo* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Beretta, V., & Simeone, A. (2008a). Autoconsumo en la alimentación de terneros. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *10ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Una década de investigación para una ganadería más eficiente* (pp. 35-37). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2008.pdf>
- Beretta, V., & Simeone, A. (2008b). Producción de carne a pasto: Asignación de forraje, respuesta animal y utilización de forraje. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.) *10ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Una década de investigación para una ganadería más eficiente* (pp. 20-23). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2008.pdf>
- Beretta, V., & Simeone, A. (2008c). Suplementación de terneros en invierno sobre pasturas sembradas. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *10ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Una década de investigación para una ganadería más eficiente* (pp. 32-34). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2008.pdf>
- Beretta, V., Simeone, A., Barrios, J. P., Da Silva, J. I., & Larrauri, L. (2018). Avanzando en la recría de terneros a pasto: Buscando formas de utilizar los cultivos forrajeros anuales durante invierno en sistemas agrícola-ganaderos. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *20ª Jornada Anual de Producción Intensiva de Carne: 20 años de investigación para una ganadería más rentable* (pp. 29-41). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2018.pdf>
- Beretta, V., Simeone, A., Zabalveytia, N., Burjel, V., Acland, M., Blanco, W., Soca, D., & Victorica, M. (2021). Suplementación con Lupino en la recría de terneros pastoreando raigrás Bill Max. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *22ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Nuevos datos para una ganadería más eficiente* (pp. 34-39). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2021.pdf>

- Bergós, I., & Errandonea, C. (2020). *Alternativas de suplementación en terneras de recría pastoreando verdeos de invierno* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/29124>
- Boggiano, P., Zanoniani, R., & Millot, J. (2005). Respuestas del campo natural a manejos con niveles crecientes de intervención. En R. Gómez Miller & M. Albicette (Eds.), *Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural* (pp. 105-114). INIA.
- Bologna, J. (2014, 07 de febrero). *Raigrás Anual: Raigrás diploide o tetraploide?* Engormix. https://www.engormix.com/lecheria/manejo-pasturas/raigras-anual-raigras-diploide_a30662/
- Calistro, E. (2021). Importancia de sembrar “Raigras”: Porque sembrar Raigrás anual como verdeo de invierno en los sistemas lecheros y ganaderos. *Todo Tambo*, (240), 20-24. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16302/1/todotambo-240.Calistro.pdf>
- Carámbula, M. (1996). *Pasturas naturales mejoradas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2004). *Pasturas y forrajes: Manejo, persistencia y renovación de pasturas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2007). *Verdeos de invierno*. Hemisferio Sur.
- Carrau de Loy, J., Félix Alfonso, E., & Pons Paiva, J. (2023). *Evaluación del grano de arroz con cáscara como suplemento para terneras Hereford pastoreando raigrás Bill Max durante invierno en sustitución del grano de sorgo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/44057>
- Carrquiry, J., García, R., & Pardiñas, P. (2002). *Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando pasturas de calidad en el período otoño-invernal* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Castro-Hernández, H., Domínguez-Vara, I., Morales-Almaráz, E & Huerta-Bravo, M. (2017). Composición química, contenido mineral y digestibilidad in vitro de raigrás (*Lolium perenne*) según intervalo de corte y época de crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(2), 201-210. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4445>

- Cepeda Banchemo, M., Scaiewicz Gularte, A., & Villagran Gago, J. (2005). *Manejo de la frecuencia de suplementación de la recría de terneros sobre pasturas mejoradas* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/32839>
- Chilibroste, P. (1998). Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: 1 Predicción del consumo. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Org.), *XXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 1-7). https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/634/JB1998_D1-12.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cibils, R., & Fernández, E. (2003). *¿Suplemento la recría? Sí, no, cómo y porqué*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/09-suplemento_recria.pdf
- Claramunt, M., & Rodríguez Palma, R. (2015). *Modelización de una Explotación Ganadera Extensiva (MEGanE)*. MGAP; Plan Agropecuario. https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/22227_megane.pdf
- Correa, A. (2004). *Raigrás anual, una alternativa posible*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/11-raigras_anual.pdf
- De León, F. (2023). Producción animal caracterización general de la ganadería. En Oficina de Estadísticas Agropecuarias (Ed.) *Anuario estadístico agropecuario 2024* (pp. 41-61). MGAP. <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2024/Anuario2024/%20ANUARIO2024.pdf>
- De León, M. (2005). *Estrategias de suplementación de pasturas*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/54-suplementacion_estrategica_en_pasturas.pdf
- De Vecchi, S., & Franzoni, C. (2023). *Utilización de Raigrás (Lolium Multiflorum cv. Bill Max) en la alimentación de terneros: Efectos de la oferta de forraje sobre el consumo y el comportamiento* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/46435>

- Di Marco, O. (2006). *Eficiencia de utilización del alimento en vacunos*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/89-eficiencia_utilizacion_alimento.pdf
- Díaz, R., Jaurena, M., & Ayala, W. (2008). Impacto de la intensificación productiva sobre el campo natural en Uruguay. *Revista INIA*, (14), 16-21. <https://inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/revista-INIA-14-Diaz.pdf>
- Dixon, R. M., & Hosking, B. J. (1992). Nutritional value of grain legumes for ruminants. *Nutrition research reviews*, 5(1), 19-43. <https://doi.org/10.1079/NRR19920005>
- Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”. (2025). *Annual Climatological summary*. <http://meteorologia.eemac.edu.uy/NOAAPRYR.TXT>
- Flores, J., & Bendersky, D. (2010). *Suplementación sobre verdes*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/72-Suplementacion_sobre_verdeos.pdf
- Freer, M., & Dove, H. (1984). Rumen degradation of protein in sunflower meal, rapeseed meal and lupin seed placed in nylon bags. *Animal Feed Science and Technology*, 11(2), 87-101.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2019). *Tablas FEDNA 2019 4ta edición*. <https://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>
- Google. (2025). [Croquis del potrero donde se llevó a cabo el experimento, en predio UPIC, de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Dpto. Paysandú. Mapa]. Recuperado el 10 de mayo de 2025 de <https://earth.google.com/earth/d/1S6tNZ6aof3F3CyeJEJIC8xXkV6T9pMZk?usp=sharing>
- Guada, J. (1993). Efectos del procesado sobre la degradabilidad ruminal de proteína y almidón. En P. G. Rebollar & G. G. Mateos (Eds.), *IX Curso de Especialización FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal* (pp. 31-44). FEDNA. https://www.researchgate.net/profile/Ja-Guada/publication/28180488_Efectos_del_procesado_sobre_la_degradabilidad_ruminal_de_proteina_y_almidon/links/0c96051d5c01801709000000/Efectos-del-procesado-sobre-la-degradabilidad-ruminal-de-proteina-y-almidon.pdf

- Gutiérrez, F., & Calistro, E. (2013). Nuevas opciones en verdeo de raigrás para las siembras de otoño. *Revista INIA*, (32), 28-30.
<https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/17973/1/Revista-INIA-32-Marzo-2013-p.28-30.pdf>
- 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://my.ucanr.edu/repository/fileaccess.cfm?article=157889&p=LDZIZQ>
- Ibañez, T., Reyes, M., & Álvarez, F. (1996). Alcaloides en lupino australiano (*Lupinus angustifolius*) cultivado en Chile. En Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Ed.), *Avances en la Investigación de Lupino* (pp. 156-161).
<https://biblioteca.inia.cl/items/7405a5d7-69e2-4791-91da-3a27306c7c1e>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (s.f.). *Recría*.
https://www.inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/Ficha-tecnica-7v5-Alimentacion-invernal.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Instituto Nacional de Semillas. (s.f.). *Raigrás*.
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiODFlYTUyYmEtN2U3Mi00OTQ0LTkxNjctOWNmN2EwMjM3ZjVmIiwidCI6ImM1MjBiMmE5LTgxYTktNDVmYiIiYmViLTJjNThlNWJiODAxNCIsImMiOiR9>
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (s.f.). *Tablas estadísticas*.
<https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
- Latimer, G. W. (Ed). (2012). *Official methods of analysis of AOAC International* (19th ed.). AOAC International.
- Latimori, N., & Kloster, A. (s.f.). *Suplementación sobre pasturas de calidad*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/117-suplementacion_bovinos_calidad.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

- Luna-Zamora, G., Pro-Martínez, A., Mendoza-Pedro, S. I., Gonzáles-Cerón, F., Sosa-Montes, E., Rodríguez-Ortega, T., Rodríguez-Ortega, A & Luna-Botello, A. (2019). Lupino (*Lupinus angustifolius* L.): Una alternativa de proteína. *Agro Productividad*, 12(8), 53-57. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1451>
- Lus, J. (2010). *Raigras anual*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/63-raigras_anual.pdf
- Luzardo, S., Cuadro, R., Montossi, F., Mederos, A., Albernaz, F., González, E., Presa, O., Lima, D., Costales, J., De Souza, G., Zamit, W., & Bentancur, M. (2010). Efecto del nivel de oferta de forraje y la suplementación energética otoño-invierno en una pastura permanente sobre la performance y calidad del producto de terneros y novillos Hereford. En Unidad Experimental “Glencoe” (Ed.), *Pasturas y producción animal* (pp. 13-16). INIA. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/9688/1/SAD619p13-16.pdf>
- Luzardo, S., Montossi, F., & Lagomarsino, X. (2012). Uso de la suplementación en recría sobre campo natural. *Revista INIA*, (28), 8-12. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6452/1/Rev.INIA-Mzo.2012-No.28-p.8-12.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. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(84\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0377-8401(84)90036-1)
- Melani, E. (2009). *Utilización de verdes de invierno*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/70-verdeos_inv_09_nv.pdf
- Mera, M. (Ed.) (2016). *Lupino dulce y amargo producción en Chile*. INIA. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/67017d3c-1e5c-444e-b5c3-148d27a3f603/content>
- Mieres, J. M. (1997). Tipo de suplemento y su efecto sobre el forraje. En D. Vaz Martins (Ed.), *Suplementación estratégica para el engorde de ganado* (pp. 11-16). INIA. <https://inia.uy/sites/default/files/publications/2025-03/st83-1997.pdf>

- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (s.f.). *Descripción de los suelos CO.N.E.A.T.* https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-03/Descripci%C3%B3n%20de%20Grupos%20de%20suelos%20CONEAT_0.pdf
- Montiel, M. (2014). *Factores que afectan el valor nutritivo del grano de sorgo*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/167-curso_nutricin_animal_aplicada_2014.pdf#page=50
- Mott, G. O. (1960). Grazing pressure and the measurement of pasture production. En *Proceedings of the 8th International Grassland Congress* (pp. 606-611). Allden Press.
- Ørskov, E. R., Fraser, C., & Gordon, J. G. (1974). Effect of processing of cereals on rumen fermentation, digestibility, rumination time, and firmness of subcutaneous fat in lambs. *British Journal of Nutrition*, 32, 59-69. <https://doi.org/10.1079/bjn19740058>
- Pauletti, M. (2015). El cultivo del raigrás. *Revista del Plan Agropecuario*, (155), 56-58. https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R155/R_155_56.pdf
- Perrachon, 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
- Perrachon, J., Becoña, G., & Irigoyen, A. (2009). Pensando en verdeos y praderas. *Revista del Plan Agropecuario*, (129), 46-48. https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R129/R_129_46.pdf
- Petterson, D. S. (2000). The use of lupins in feeding systems. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(6), 861-882. <https://www.animbiosci.org/upload/pdf/13-119.pdf>
- Poppi, D. P., Hughes, T. P., & L'Huillier, P. J. (1987). Intake of pasture by grazing ruminants. En A. M. Nicol (Ed.), *Feeding livestock on pasture* (pp. 55-64). New Zealand Society of Animal Production.

- Pordomingo, A. (1999). *Cuando con pasto no alcanza, suplementación sobre verdes de invierno*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/12-cuando_con_pasto_no_alcanza.pdf
- Pordomingo, A. (2003). *Suplementación con granos a bovinos en pastoreo*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/67-suplementacion_con_granos_en_pastoreo.pdf
- Quintans, G. (2002). Manejo de la recría vacuna en sistemas ganaderos. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Seminario de actualización técnica sobre la cría y recría ovina y vacuna* (pp. 43-52). <https://www.crilu.org.uy/revistas/SAD%20288.pdf#page=46>
- Quintans, G., & Vaz Martins, D. (1994). Efectos de diferentes fuentes de suplemento sobre el comportamiento de terneros. En G. Quintans & G. Pigurina (Coords.), *Bovinos para carne: Avances en Suplementación de la Recría e Invernada* (pp. 2-8-2-12). INIA. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/357/1/14445101212094954.pdf>
- Rojas, G. C., & Catrileo, S. A. (1998). Grano de lupino blanco (*Lupinus Albus*) y australiano (*Lupinus angustifolius*) entero o chancado, en la engorda invernada de novillos. *Agro Sur*, 26(2). <http://revistas.uach.cl/html/agrosur/v26n2/body/art08.htm#17>
- Romera, A., Gartía, G., Marino, M., & Agnusdei, M. (2000). *Efecto de la asignación forrajera sobre la ganancia de peso de vaquillonas de recría y la utilización del forraje en pasturas dominada por agropiro durante otoño-invierno*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/91-asignacion_forrajera.pdf
- Rovira, P., & Clariget, J. (2024). Conceptos generales de los suplementos. En M. E. A. Canozzi & J. Clariget (Eds.), *Recría y engorde de bovinos: Avances tecnológicos en alimentación y manejo* (pp. 53-56). INIA. <https://inia.uy/sites/default/files/publications/2024-11/st-269-2024.pdf>
- Ryegrass Selva. (s.f.). Gentos. <https://gentos.com.uy/productos/selva-ryegrass/>

- Simeone, A., & Beretta, V. (2004). Uso de alimentos concentrados en sistemas ganaderos: ¿Es buen negocio suplementar el ganado? En Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Ed.), *6ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Manejo nutricional en ganado de carne* (pp. 10-17). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2004.pdf>
- Simeone, A., & Beretta, V. (2006). Intensificando la producción de carne en invernada: De la teoría a la práctica. En Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Ed.), *Intensificando la producción de carne en invernada: De la teoría a la práctica* (pp. 9-31). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2006.pdf>
- Simeone, A., Beretta, V., Elizalde, J. C., & Franco, J. (2008). Suplementación otoñal de novillos en engorde. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *10ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Una década de investigación para una ganadería más eficiente* (pp. 24-28). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2008.pdf>
- Simeone, A., Beretta, V., Franco, J., & Baldi, F. (2004). Presentación de las líneas de trabajo en ganado carne. En Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Ed.), *6ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Manejo nutricional en ganado de carne* (pp. 4-5). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2004.pdf>
- Simeone, A., Beretta, V., Zabalveytia, N., Burjel, V., Pancini, S., Isaza, S., Maldonado, R., Sanson, J. J., Bauzá, F., Celesia, J. I., Irisarri, J. M. (2024). ¿Puede suministrarse el grano de lupino en comederos de autoconsumo? En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *25ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: UPIC: 25 Jornadas de propuestas tecnológicas: Para una ganadería más rentable* (pp. 28-37). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2024.pdf>
- Stritzler, N. (2004). *Suplementación de rodeos de cría e invernada en pastoreo en la región del Caldenal*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/21-suplementacion_region_caldenal.pdf
- van Barneveld, R. J. (1999). Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Review*, 12(2), 203-230. <https://doi.org/10.1079/095442299108728938>

- Van Soest, P., Robertson, J., & Lewis, B. (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. https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8503/1/156302910_07152242-Vaz-Martins-p.17-22.pdf
- Vaz Martins, D., & Messa, A. (2007). Las bajas ganancias otoñales en bovinos, un fenómeno multicasual. *Revista INIA*, (10), 2-5. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/877/1/111219220807171410.pdf>
- Velásquez, R., Noguera, R. R., & Posada, S. (2013). Procesamiento del grano de maíz sobre la cinética de degradación de la materia seca in vitro. *Revista MVZ Córdoba*, 18(3), 3877-3995. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682013000300018&script=sci_arttext
- Velázquez, J., Rosales, A., Rodríguez, H., & Salas, R. (2015). Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema s, vyr correlacionado con la sumatoria térmica. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 121-129.
- Zanoniani, R., & Noëll, S. (2002). *Verdeos de invierno*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/12-verdeos_invierno.pdf
- Zanoniani, R., Ducamp, F., & Bruni, M. (2000). *Utilización de verdes de invierno en sistemas de producción animal*. Instituto Plan Agropecuario. <https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart17/Cart17.htm>
- Zarza, R., Duran, H., Rossi, C., La Manna, A., & González, M. (2009). Verdeos de invierno: Evaluación de las diferentes alternativas en siembras tempranas. *Revista INIA*, (20), 26-30. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6932/1/revinia20-p.26-30.pdf>

9. ANEXO

Anexo A.

Consumo de suplemento (%PV) según procesamiento del grano de lupino

Tratamiento	Estimación	Error estándar	Tukey
SLE	0.009527	0.00041	A
SLQ	0.009287	0.000410	A

Nota. SLE: suplementación con grano de lupino entero; SLQ: suplementación con grano de lupino quebrado.

Anexo B*Estimación de efecto semana para el consumo de suplemento (%PV)*

Efecto	Df Num	DF Den	Valor F	Pr>F
SEMANA	9	56.92	23,37	<.0001