

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN INVERNAL CON GRANO DE LUPINO O
AFRECHILLO DE ARROZ SOBRE LA PERFORMANCE DE TERNERAS
PASTOREANDO CAMPO NATURAL**

por

Guillermo APA OLIVERA
Nicolás CORTI ERRANDONEA
Juan Diego FERNÁNDEZ SARRIES

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2025

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

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

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

Tribunal:

Dr. (MSc.) Juan Franco

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

Ing. Agr. Stefania Pancini

Fecha:

21 de febrero de 2024

Estudiante:

Guillermo Apa Olivera

Nicolás Corti Errandonea

Juan Diego Fernández Sarries

AGRADECIMIENTOS

A nuestros tutores de tesis Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Álvaro Simeone e Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Virginia Beretta por el compromiso, dedicación y disposición brindados durante la elaboración de este trabajo.

A la familia Apa por brindarnos el espacio para realizar el experimento en el establecimiento “Los Álamos”, y cedernos sus instalaciones e insumos para llevar a cabo nuestro trabajo.

A nuestras familias y amigos, que nos han acompañado y apoyado a lo largo de toda la carrera.

Al personal del laboratorio de pasturas de la Estación Experimental de Facultad de Agronomía de Salto, que nos permitieron el secado de muestras de forraje en sus instalaciones. Especialmente a la Técnica Agropecuaria Teresa Rodríguez, por su gran colaboración.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	6
RESUMEN.....	7
SUMMARY	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 LA RECRÍA DENTRO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	11
2.1.1 Requerimientos nutricionales de la recría	12
2.2 CAMPO NATURAL COMO BASE FORRAJERA DE LA RECRÍA	13
2.2.1 Pasturas naturales en la región basáltica.....	13
2.2.2 La recría en campo natural y sus limitantes	14
2.3. SUPLEMENTACIÓN PARA MEJORAR LA PERFORMANCE DE LA RECRÍA	15
2.3.1. Interacción animal-pastura-suplemento	16
2.3.2. Respuesta a la suplementación en campo natural con subproductos industriales	20
2.4 <i>LUPINUS ANGUSTIFOLIUS</i> . UNA NUEVA ALTERNATIVA PARA LA SUPLEMENTACIÓN EN BOVINOS PARA CARNE EN EL PAÍS	26
2.4.1. El género <i>Lupinus</i>	26
2.4.2. Producción y utilización mundial del grano.....	26
2.4.3. Inserción a nivel de sistema de producción	26
2.4.4. Características nutricionales del grano y factores anti nutricionales.....	26
2.4.5. ¿Es necesario un procesamiento previo del grano al suministrarse en dietas de bovinos?	28
2.4.6. Respuesta a la suplementación	29
2.5 HIPÓTESIS	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. UBICACIÓN Y PERIODO DEL EXPERIMENTO	30
3.2. ÁREA EXPERIMENTAL E INFRAESTRUCTURA	30
3.3. CLIMA	31
3.4. ANIMALES Y TRATAMIENTOS	32
3.5. BASE FORRAJERA Y SUPLEMENTO.....	33
3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	35
3.6.1. Periodo pre experimental	35
3.6.2. Periodo experimental	36
3.7. REGISTROS Y MEDICIONES.....	36
3.7.1 Animales.....	36
3.7.2. Pastura	37

3.7.3. Registros meteorológicos.....	37
3.8. ANÁLISIS QUÍMICO DE LA DIETA	37
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	38
4. RESULTADOS	40
4.1. REGISTROS METEOROLÓGICOS	40
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA.....	41
4.2.1. Caracterización física de la pastura	41
4.2.2. Caracterización química de la pastura	43
4.3. PERFORMANCE ANIMAL	44
4.3.1. Evolución de peso y ganancia media diaria	45
4.3.2. Consumo de suplemento y eficiencia de conversión	46
4.4. COMPORTAMIENTO ANIMAL.....	47
5. DISCUSIÓN.....	50
5.1. AMBIENTE PRODUCTIVO	50
5.2. PERFORMANCE ANIMAL	51
5.2.1. Efecto de la suplementación sobre mejora de la performance de terneras pastoreando campo natural en invierno	51
5.2.2. La magnitud de la respuesta a la suplementación varía con el tipo de suplemento	51
5.3. COMPORTAMIENTO INGESTIVO.....	52
6. CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	64

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla n.

Tabla 1. Producción anual, en kilogramos de materia seca por hectárea, y distribución estacional	14
Tabla 2. Resumen de experimentos nacionales de suplementación invernal con afrechillo de arroz en terneros/as.....	22
Tabla 3. Composición química del grano de <i>Lupinus angustifolius</i> y afrechillo suministrado (expresado en base seca).....	35
Tabla 4. Temperaturas del aire mínima, media y máxima y ocurrencia de heladas meteorológicas	41
Tabla 5. Efecto de distintos suplementos a terneros pastoreando campo natural sobre las características de la pastura.....	41
Tabla 6. Composición química de la pastura promedio de cada tratamiento durante el período experimental	43
Tabla 7. Evolución de la composición química de la pastura según tratamiento y semana.....	44
Tabla 8. Efecto de la suplementación sobre las variables relacionadas a la performance animal	45
Tabla 9. Nivel de significancia de los efectos incluidos en el modelo para las variables de comportamiento	49

Figura n.

Figura 1. Diseño del área experimental, con identificación de los tratamientos, bebederos y comederos	31
Figura 2. Temperaturas mensuales medias, mínimas medias y máximas medias y precipitaciones acumuladas promedio	32
Figura 3. Proporción de especies según tipo productivo relevadas en el área experimental	34
Figura 4. Precipitaciones correspondientes al período experimental y la serie histórica (SH) de promedios (1970-2021).....	40
Figura 5. Evolución de la biomasa aérea a lo largo del período experimental	42
Figura 6. Evolución de la altura por tratamiento durante el período experimental	43
Figura 7. Evolución de peso vivo de terneros pastoreando campo natural durante invierno, con o sin suplemento.....	46
Figura 8. Variación del consumo de suplemento durante el período experimental para el tratamiento de lupino y afrechillo	47
Figura 9. Comportamiento animal diario en un día experimental, desde las 7.00 – 19.00	48

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta a la suplementación diaria con grano de lupino y afrechillo de arroz durante el invierno, en terneras destetadas convencionalmente y pastoreando campo natural. Dicha respuesta se evaluó en términos de ganancia de peso vivo, peso final a la salida del invierno, y eficiencia de utilización del suplemento. Adicionalmente, como variables interpretativas se caracterizó el efecto de la suplementación con estos alimentos sobre la utilización del forraje y el comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo. El experimento se llevó a cabo en un establecimiento comercial, ubicado en la cuchilla de salto, al Este del departamento de Salto (coordenadas geográficas 31° 29'50" de latitud Sur y 57°19'06 de longitud Oeste). El área experimental fue de 31.5 hectáreas, la cual se subdividió en 3 parcelas de 10.5 hectáreas. El trabajo experimental tuvo una duración de 71 días, desde el 12 de julio hasta el 21 de septiembre de 2022. Se utilizaron 48 terneras con un peso vivo inicial de 158 ± 3.2 kg, los que se dividieron al azar en lotes de 3 animales. El experimento presentó un diseño de parcelas al azar siendo el animal la repetición. En cada tratamiento se utilizaron 16 terneras, las cuales pastorearon el campo natural de forma continua, con una carga ajustada de 1.52 terneras por hectárea, los tratamientos fueron; testigo, pastoreo de campo natural sin suplementación, lupino, pastoreo de campo natural a igual carga pero con acceso a grano de lupino, afrechillo de arroz, pastoreo de campo natural a igual carga pero con acceso a afrechillo de arroz, ambos tratamientos suplementados al 1% del peso vivo. Las ganancias medias diarias de peso vivo obtenidas en los tratamientos Testigo, afrechillo y lupino fueron de -0.2 kg/día, 0.18 kg/d y 0.30 kg/d respectivamente, logrando una Ec del suplemento de 4.1 a 1 con afrechillo de arroz y 2.2 a 1 con grano de lupino.

Palabras clave: Lupino, afrechillo, campo natural, invierno, terneras

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the response to daily supplementation with lupine grain and rice bran during the winter, in conventionally weaned calves grazing natural fields. This response was evaluated in terms of live weight gain and weight at the end of winter, and efficiency of supplement use. Additionally, as interpretive variables, the effect of supplementation with these foods on forage utilization and ingestive behavior of grazing animals was characterized. The experiment was carried out in a commercial establishment, located in the Salto area, east of the department of Salto (geographic coordinates 31° 29'50" South latitude and 57°19'06 West longitude). The experimental area was 31.5 hectares, which was subdivided into 3 plots of 10.5 hectares. The experimental work lasted 71 days, from July 12 to September 21, 2022. 48 calves were used with an initial live weight of 158 ± 3.2 kg, which were randomly divided into batches of 3 animals. The experiment presented a randomized plot design with the animal being the repetition. In each treatment, 16 calves were used, which grazed the natural field continuously, with an adjusted load of 1.52 calves per hectare, a treatment called lupine, where there were animals that, in addition to grazing natural fields, had access to grain. lupine and another treatment called rice bran, which had access to that food. The average daily gains in live weight obtained in the Control, bran and lupine treatments were -0.2 kg/day, 0.18 kg/d and 0.30 kg/d respectively, achieving an Ec of the supplement of 4.1 to 1 with rice bran and 2.2 with 1 with lupine grain.

Keywords: Lupine, rice bran, natural field, winter, calves

1. INTRODUCCIÓN

La base alimenticia de los sistemas ganaderos a nivel nacional es en su mayor proporción aportada por las pasturas naturales. En la mayoría de estos sistemas la producción de forraje presenta variaciones estacionales, siendo invierno una de las estaciones más críticas, donde la producción es mínima, por lo cual muchas veces no se logra cubrir el consumo mínimo requerido por el animal para su mantenimiento.

A su vez la etapa de recría, la cual va desde el destete de los terneros hasta su primer entore, generalmente no es de prioridad en los sistemas de producción convencionales. Los momentos más críticos de esta etapa son justamente el primer y segundo invierno, donde por lo general da como resultado la pérdida de peso diario del animal (Campos et al., 2002). Experimentos a nivel nacional demuestran la pérdida de 150 a 200 gramos por día. Esto genera que la hembra llegue a su primer entore con edades avanzadas, y conduce a ineficiencias a nivel general del sistema (Pigurina et al., 1998).

Existen abundantes trabajos que demuestran la viabilidad de acelerar esta etapa por el bien productivo y económico de la empresa. Esta aceleración del proceso está basada en la suplementación de terneras que pastorean campo natural durante el invierno. Con dicha tecnología, en la suplementación con concentrados energético-proteicos a razón del 0,7 a 1% del peso vivo, resulta en ganancias del orden de los 200 g/día y valores de eficiencia de conversión del suplemento de 3 a 4 kg de alimento por cada kilogramo de peso ganado adicionalmente (Beretta & Simeone, 2008).

En el norte del país el concentrado que se utiliza en mayor medida ha sido el afrechillo de arroz. El mismo deriva del procesamiento del arroz en la industria molinera. Este subproducto se caracteriza por tener un buen aporte de energía metabolizable (EM), en torno a 2,6 Mcal/kg de materia seca (MS), y niveles de proteína bruta que rondan el 13%. Dadas estas características, es un subproducto que se adapta muy bien a los requerimientos de la categoría bajo estudio, generando incrementos de ganancia de peso vivo en torno a los 400 g/día (al pasar de perder 200 g a ganar 200 g/día). Esta GMD contribuye a capitalizar un posible crecimiento compensatorio en primavera.

No obstante, se ha observado importante respuesta en GMD cuando se incrementó el aporte de EM y proteína en el suplemento. El uso de granos de destilería o burlanda seca con solubles (DDGS), principalmente los que provienen del sorgo (2,9 Mcal/kg MS de EM y 27% a 30% de proteína bruta) arrojan resultados, en cuanto a la ganancia diaria de peso vivo superiores al afrechillo de arroz, reportándose ganancias diarias por encima de 1 kilogramo de peso vivo por día (Castro González & Ferrés Devotto, 2021; Legorburu Cuevasanta & Victorica Zorrilla de San Martín, 2019), lo que resulta en una mayor eficiencia en el uso del alimento.

Hoy en día, el grano de lupino aparece como una nueva opción de suplementación energético-proteica para la categoría de recría. El cultivo de lupino ha crecido en los últimos años a nivel nacional (5000 hectáreas, Oyhenard, 2024) incluyendo semilleros, posicionándose como una nueva variante a la hora de planificar el uso del suelo y la rotación de cultivos, siendo una opción para sembrar en invierno. Se caracteriza por presentar niveles de proteína bruta elevados 30-35%, a su vez el grano presenta un importante aporte energético, el cual se ubica en torno a 3 Mcal/kg de MS. A diferencia de los subproductos antes mencionados, la composición de

carbohidratos es diferente, presentando este la reserva en forma de beta-glucanos. La cubierta de la semilla de lupino (25% del peso del grano), se componen en su mayor proporción de hemicelulosa, mientras que, el restante (75%) es fibra soluble del total de fibra alimentaria.

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar, en terneras pastoreando campo natural, la respuesta a la suplementación invernal y al tipo de suplemento utilizado (afrechillo de arroz versus. grano de lupino) en términos de ganancia de peso vivo, peso a la salida del invierno, y comportamiento ingestivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 LA RECRÍA DENTRO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

La etapa de recría de vacunos abarca desde el destete hasta el momento en que las hembras están listas para recibir servicio, o los machos ingresan a la invernada. En el caso de las hembras, esto puede incluir el entore precoz a los quince meses de edad, cuando alcanzan la pubertad. En términos de peso vivo, la recría de hembras generalmente oscila entre los 150 y 280 kg, mientras que tradicionalmente, la recría se definía desde el destete (alrededor de 160-180 kg) hasta alcanzar los 300 kg de peso vivo, momento a partir del cual se inicia la fase de terminación (Veneciano & Frasinelli, 2014).

El crecimiento del animal es un proceso complejo que supone no sólo aumento de tamaño sino también cambios en la forma y en la función de las diferentes partes del cuerpo. El crecimiento está dado por aumentos de volumen que son resultado del predominio de los fenómenos anabólicos respecto de los catabólicos, lo que conduce a la formación de nueva sustancia viva. A la inversa, cuando predominan los procesos catabólicos no hay incremento del protoplasma e incluso puede haber reducción del mismo, como por ejemplo en condiciones de penuria alimenticia (Veneciano & Frasinelli, 2014).

La causa del aumento de peso se debe a la energía retenida en forma de proteínas y grasas que se distribuyen a distintos tejidos, promoviendo la acumulación de tejido magro y adiposo (Di Marco, 2006). Esto se debe a la deposición de tejidos que se refiere al proceso por el cual los nutrientes consumidos se transforman en tejido corporal (músculo, grasa, hueso) a medida que el animal crece. Durante esta fase, los nutrientes y energía de la dieta se usan para la síntesis de proteínas (músculo), el desarrollo óseo y el almacenamiento de reservas de grasa, lo cual impacta directamente en la futura producción y eficiencia del animal.

El crecimiento y la ganancia de peso durante la recría dependen de un equilibrio entre energía y proteínas, con las vísceras y órganos desempeñando funciones vitales para el organismo. Estos tejidos tienen tasas significativas de síntesis y degradación de proteínas, así como un alto gasto energético en el transporte de iones, lo que incrementa la energía necesaria para el mantenimiento del animal. La velocidad de crecimiento de un animal está determinada por su base genética y las condiciones ambientales en las cuales el animal es alimentado y justamente la alimentación ocupa el primer lugar (Bavera et al., 2005).

La recría es la etapa en que el animal es más eficiente en la conversión de alimento en músculo, proceso que se ve favorecido, en la medida que la calidad del forraje otorgado es mayor. Es así que la posibilidad de administrar la porción del forraje más digestible a los animales jóvenes, apuntaría a mejorar la eficiencia global del proceso (Brito et al., 2005).

En la etapa de recría los animales presentan una alta capacidad de consumo en relación a su peso vivo. Además, en la medida que los animales cubren sus requerimientos de mantenimiento, los cuales son notoriamente menores, el excedente de energía metabolizable será destinado a producción. Y en simultáneo, con consumos

elevados, se logra una dilución de los costos de mantenimiento, haciendo que la eficiencia de conversión mejore (Di Marco, 2006).

Para determinar y fijar momentos críticos para la recría de terneras en Basalto primero que nada hay que hablar del primer y segundo invierno. En el primer invierno está el acostumbramiento a su nuevo ambiente y destete. En el segundo invierno es cuando se necesita ganar esos últimos kilos para llegar a peso de entore y madurez reproductiva (Quintans & Vaz Martins, como se cita en Quintans et al., 1994). Además, hay que hablar del verano, otra situación crítica en Basalto, ya que la producción de forraje limita las tasas de ganancia pre-destete, los pesos al destete y la tasa de preñez al primer servicio (Amaya García & Rivas De los Santos, 2012). Esto se debe a que es la época del año en la que tenemos menor calidad de pasturas, menor porcentaje de proteína y mayor proporción de fibra detergente neutra. Los animales nutridos deficientemente dentro de ciertos límites en algunos momentos de su vida, pueden lograr (sometidos luego a un régimen alimentario abundante) aumentos de peso superiores, en comparación con animales que nunca sufrieron dicho déficit. Este mecanismo de autodefensa para alcanzar el peso normal es el llamado crecimiento o aumento compensatorio. Es decir, por crecimiento compensatorio se entiende la tendencia general de la curva de crecimiento a recuperar sus características normales después de un período alimenticio adverso (Bavera et al., 2005).

La curva de crecimiento en terneras en pastoreo comienza con un crecimiento rápido que luego se desacelera y estabiliza al acercarse al peso adulto. Cuando hay limitaciones estacionales, como en invierno y verano, la ternera puede experimentar una fase de menor crecimiento por la baja calidad y disponibilidad de pasturas, desviándose de la curva de crecimiento ideal. Al mejorar las condiciones en primavera, el crecimiento compensatorio permite que la ternera recupere el peso perdido, acelerando su tasa de crecimiento y acercándose nuevamente a la curva potencial. Así, el crecimiento compensatorio actúa como un mecanismo que corrige temporalmente las desviaciones en la curva causadas por periodos de restricción, permitiendo aprovechar mejor los períodos de abundancia para restablecer el desarrollo óptimo.

2.1.1 Requerimientos nutricionales de la recría

Si se observan las ecuaciones de energía neta, estas demuestran que cuanto mayor es el consumo de energía proveniente del alimento proporcionado, más se cubren los requerimientos de mantenimiento, quedando un sobrante energético, el cual se destina a ganancia, lo que resulta en una mejora de la eficiencia (Anderson & O' Connor, 2012, como se cita en Mac Loughlin, 2009). Se requiere aproximadamente 4 veces más energía para mantener o incrementar tejido graso que para tejido muscular (Mc Donald et al., 2006, como se cita en Mac Loughlin, 2009). La síntesis de tejido adiposo demanda 12,5 Mcal/kg mientras que el tejido muscular 3,13 Mcal/kg (Di Marco, 1993). Consecuentemente, la energía neta necesaria por unidad de peso vivo ganada, depende de la composición tisular de la ganancia, la cual varía dependiendo de factores como el biotipo, la edad, sexo y nivel de alimentación, el cual incide directamente sobre la magnitud de la ganancia de peso.

En cuanto a la eficiencia de conversión, no hay diferencia entre terneros y terneras, sin embargo, si la hay entre vaquillonas y novillos de igual edad (Pordomingo, 2003). Esto se debe a que la vaquillona se engrasa antes que el novillo. Por lo tanto, a una misma

dieta y mismo nivel de oferta de alimento la vaquillona tendrá menores ganancias, pero con mayor deposición de grasa (Pordomingo, 2003).

2.2 CAMPO NATURAL COMO BASE FORRAJERA DE LA RECRÍA

En Uruguay, las pasturas naturales son la principal base de alimentación en los sistemas ganaderos, en los cuales el valor nutritivo de las mismas es medio y difícilmente se superen las 4 toneladas de producción de materia seca por hectárea por año. A su vez esta producción es marcadamente estacional (Risso, 1997). El mismo autor considera, que tanto las bajas tasas de extracción como las edades avanzadas de faena, superiores a 4 años, generan índices productivos conservadores, debido a la baja capacidad de carga o al comportamiento individual cuando se utiliza al campo natural como base de la dieta del ganado y en condiciones de manejo tradicional.

Una mala recría del animal puede producir problemas irreversibles y estructurales en el crecimiento del mismo, que afecten el peso y tamaño adulto normal, así como la calidad de la canal (conformación y terminación) cuando el animal es faenado. Todo ello determina una ganadería ineficiente y poco competitiva (Luzardo et al., 2010).

En las últimas décadas se observó un aumento de los márgenes económicos de la agricultura, debido a esto se produjo un aumento en el área destinada a la misma, desplazando a la recría y engorde de ganado hacia suelos de menor potencial productivo. En consecuencia, se dio una disminución en los niveles de producción de carne y por lo tanto en el margen bruto de la actividad. A su vez la industria frigorífica elevó sus requerimientos al demandar animales con mayor peso de carcasa, mayor grado de terminación y/o marmóreo. Debido a estos requisitos de la industria, los productores se vieron obligados a realizar un uso más intensivo de los alimentos (concentrados energéticos, proteicos, voluminosos, etc.) (Tieri et al., 2010).

La recría se afecta mayormente durante el periodo invernal, cuando hay una menor oferta forrajera. La calidad y cantidad del forraje disponible en esta estación no llegan a cubrir los requerimientos animales y además la categoría es manejada inadecuadamente, afectando negativamente su performance (Pigurina et al., 1998). En caso de no levantar las restricciones que se presentan en condiciones de producción extensiva, como el déficit forrajero o el valor nutritivo de la dieta, los terneros pierden tradicionalmente alrededor de 15 a 25 kilogramos durante el invierno (Luzardo et al., 2010).

2.2.1 Pasturas naturales en la región basáltica

La Región Basáltica ocupa alrededor de 4.100.000 ha, desde el Río Negro hacia el norte del país. Las temperaturas, precipitaciones y evapotranspiración son mayores en la parte norte. En ellos se desarrollan vegetaciones compuestas por especies de ciclo estival e invernal, con producciones de forraje variables en cantidad y calidad según los tipos productivos predominantes. Asociado a los eventos climáticos la producción de forraje es muy variable entre años, entre estaciones y dentro de las estaciones. Para la recría de terneras y vaquillonas en campo natural es necesario reservar potreros para la alimentación invernal con el objetivo de tener ganancias de peso bajas a moderadas (Berretta, 1998).

Para ello, es necesario diferenciar los distintos tipos de suelos que se encuentran presentes en el basalto. Es así que tenemos cuatro tipos básicos: superficiales rojos, negros superficiales, medios y profundos. Las producciones anuales y distribución estacional se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Producción anual, en kilogramos de materia seca por hectárea, y distribución estacional

	Otoño %	Invierno %	Primavera %	Verano %	Producción Anual kg MS/ha
Superficiales Rojos	27,9	13,7	40,8	17,5	2944
Superficiales Negros	31,8	14,6	39,4	13,2	3673
Medios	43,9	14,5	23,6	18,0	3920
Profundos	24,6	12,3	43,6	19,6	4669

Nota. Adaptado de Berretta (1998).

Debido a las distintas características que presentan los suelos, las comunidades vegetales son diferentes, generando esto distintos manejos ganaderos para mantener y mejorar la calidad y producción forrajera en cada uno de estos. Por lo tanto, al realizar subdivisiones de potreros es de vital importancia tener en cuenta la heterogeneidad de la zona, para que no haya partes sub pastoreadas y partes sobre pastoreadas (Berretta, 1998).

2.2.2 La recría en campo natural y sus limitantes

Brito et al. (2005) señalan la baja importancia que se le destina a la recría, la cual en su mayoría se realiza sobre campo natural. Recalcando que en estas condiciones los momentos críticos de esta etapa son el primer y segundo invierno, donde se presentan desajustes tanto estacionales como anuales entre la oferta de forraje y la demanda en requerimientos por parte de los animales.

Simeone et al. (2010) afirman que, independientemente de si un año es mejor o peor en cuanto a la oferta de forraje, la performance invernal de la recría es consistentemente negativa. Por lo tanto, el principal factor que explica la baja productividad anual obtenida en estos sistemas de producción es la baja producción forrajera en esa estación.

Figurina et al. (1998) y Simeone et al. (2010) señalan que la limitante que marca una restricción nutricional en el primer invierno de los terneros es el déficit forrajero invernal del campo natural. En dicha estación, las tasas de crecimiento oscilan entre 3 y 6 kg de materia seca por hectárea y por día, siendo muy dependiente la disponibilidad forrajera en invierno del crecimiento de las estaciones previas (Risso et al., s.f.).

Estas restricciones, pueden llegar a significar la pérdida de peso de hasta 0,3 kg/animal/ día, esto genera que el 60% aproximadamente de los animales no puedan

ser entorados a los dos años a causa de que no logran el peso necesario (Pigurina et al., 1998).

Para no comprometer el crecimiento y desarrollo animal, y así lograr una buena respuesta en primavera, es crucial partir con destetes tradicionales con terneros de 140 a 150 kg a los 6 meses de edad y alcanzar ganancias de peso no menores de 150 a 200 gramos por día en el periodo invernal. Para luego durante la primavera, una vez que las limitantes en cantidad y/o calidad de forraje desaparecen, lograr faenar animales con edades de 24 y 30 meses. Sin embargo, en condiciones extensivas y más cuando el campo natural constituye el principal recurso forrajero de la ganadería del país, lograr esas tasas de ganancias no son frecuentes (Brito & Fiol, 2006).

Mediante una mejora del plano alimenticio a través del uso de suplementos y/o pasturas mejoradas, herramientas estratégicas que permiten acelerar el crecimiento de la recría en su primer año de vida, se han logrado corregir la problemática invernal de terneros post destete (Cazzuli & Montossi, 2017).

Montossi et al. (2014) afirman que, la suplementación estratégica cumple un rol clave para mejorar la recría, teniendo esto repercusiones positivas sobre la productividad e ingreso de sistemas extensivos sobre basalto. En concordancia con ello Brito y Fiol (2006), señalan que el uso de granos y subproductos como suplementos son una herramienta adecuada en situaciones donde el forraje disponible sea muy escaso o la calidad no sea la adecuada. El ajuste de carga, diferimiento de forraje otoñal, mejoramiento de campo y suplementación estratégica son las diversas herramientas de manejo que permiten levantar las restricciones que tiene el campo natural (Brito et al., 2005).

2.3. SUPLEMENTACIÓN PARA MEJORAR LA PERFORMANCE DE LA RECRÍA

Horn, como se cita en Velazco (2009), indica que suplementar es adicionar lo que falta, ya sea en cantidad o calidad, para que la producción animal obtenida en condiciones de pastoreo se mantenga o aumente, a través del aumento en la carga y/o en la ganancia de peso vivo.

El uso de la suplementación permite un aumento marcado en la producción de carne por unidad de superficie, logrando de esta manera sistemas de producción más eficientes (reducción de la edad de faena y aumento de la productividad) (Luzardo et al., 2010).

Cuando se usan suplementos estratégicamente, se logra acelerar todo el proceso de crecimiento post-destete de los terneros, lo que genera una repercusión a nivel de todo el predio, ya que tracciona toda la cadena de animales de reposición, o incluso permite acceder a mejores precios de venta o colocación de animales (Pigurina, 1993).

El uso de la suplementación invernal constituye una herramienta de fundamental importancia en la mejora de la eficiencia del proceso de recría y de todo el ciclo productivo. Esta herramienta es muy utilizada en el primer invierno de vida de los terneros/as cuando normalmente se registran déficit de volumen y/o calidad de forraje (Luzardo et al., 2012).

Cibils et al. (1997) destacan a la suplementación en condiciones de pastoreo como una herramienta estratégica con una serie de ventajas: es rápida y fácil de

implementar, la ejecución de su rutina bien definida no necesita personal de alta idoneidad, no necesita inversiones costosas más allá del suplemento, es fácil de presupuestar, puede o no usar recursos extraprediales (productos o subproductos de la industria), es fácilmente desmontable y puede usarse en cualquier momento que se suponga rentable.

En este sentido, la mejora del plano alimenticio durante el invierno (mejores pasturas y/o suplementación) constituye una herramienta tecnológica estratégica para acelerar el crecimiento del ternero en su primer año de vida. Esta mejora tiene efectos positivos en la reducción de la edad de faena, mejora de la eficiencia productiva (individual y por unidad de superficie), reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, mejora de la eficiencia del uso del agua, mejora en la calidad de la canal y la carne, y finalmente una mejora en la eficiencia productiva y aumento del ingreso de estos sistemas ganaderos (Cazzuli & Montossi, 2017).

La intensificación de la suplementación no necesariamente implica pasar al confinamiento de los animales, sino que hay etapas intermedias de incremento de la suplementación sobre pasturas. Ante el incremento de la dotación y/o disminución del área de pastoreo se puede recurrir a un uso más intensivo de la suplementación para mantener y/o incrementar los niveles de producción. Como consecuencia, se genera una nueva relación pastura-animal-suplemento, en la que este último pasa a representar más del 50% de la dieta total. En este caso la relación se invierte, y la pastura puede ser vista como el suplemento o aquel componente minoritario que se adiciona a la dieta. Se revierte el concepto tradicional de la suplementación al 1% del peso vivo, en donde la pastura es la dieta base (Rovira, 2014).

Se ha comprobado que manejando 2-3 terneros/ ha con una disponibilidad de forraje de 800 a 1500 kg de MS/ha, suplementados al 0,7-1% del pesos vivo con un concentrado energético -proteico, se logran ganancias en torno a 150-200 g/día, generando esto una buen respuesta a la suplementación (Quintans et al., 1993; Quintans & Vaz Martins, 1994). Esta performance se alcanza con una eficiencia de conversión del suplemento de 4:1 (Beretta & Simeone, 2008).

2.3.1. Interacción animal-pastura-suplemento

Según Mejía Haro (2002), el consumo voluntario en un rumiante es el principal factor determinante del nivel y eficiencia de producción, y dada la gran variación de éste en condiciones de pastoreo, resulta muy difícil de predecir. Dicha productividad y eficiencia, tendrían una relación directa con el consumo; es decir, a mayor consumo, mayor productividad y eficiencia de producción.

Existen múltiples factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad animal. Estos pueden clasificarse en tres grandes grupos: propios del animal, como especie, sexo, raza, estado fisiológico, peso, estado sanitario; factores sociales, como cantidad de animales, categorías y jerarquías; y factores del hábitat, como densidad de especies, estructura de la pastura, facilidad de acceso al forraje (Tarazona et al., 2012).

Previamente, Cangiano (1996) ya había indicado que el consumo de forraje de animales en pastoreo está determinado por factores relacionados con el animal, la pastura, el manejo y el ambiente.

2.3.1.1. Efecto del animal

Cangiano (1996) señala que los factores que afectan el consumo de forraje relacionados al animal son la edad, peso, estado fisiológico, nivel de producción y la condición corporal.

En lo que respecta a las limitantes del consumo animal, éstas pueden clasificarse en: limitantes relacionadas al comportamiento ingestivo (tasa y peso de bocado y tiempo de pastoreo), limitantes físicas (distensión del TGI) y limitantes metabólicas (concentración de energía digestible) (Cangiano, 1996).

2.3.1.2. Efecto de la pastura

El consumo voluntario es la cantidad de materia seca que puede consumir un animal, cuando la cantidad y calidad de forraje no son una limitación (Mejía Haro, 2002).

Cangiano (1996) señala que los factores que afectan el consumo de forraje relacionados a la pastura son: digestibilidad, composición química, especies, cantidad de forraje y madurez. Los relacionados al ambiente son: temperatura, humedad relativa, fotoperiodo, velocidad del viento, entre otras.

En el ambiente existen factores de la pastura que afectan el consumo de materia seca, siendo de naturaleza nutricional y no nutricional. Las características estructurales y morfológicas de las pasturas (especie, estado fenológico, altura, resistencia al corte, composición y distribución espacial) se encuentran entre los factores no nutricionales. Entre los factores nutricionales, el más importante es la digestibilidad del forraje, y a medida que ésta aumenta, el consumo también lo hace de manera proporcional (Rearte, 1994).

El valor alimenticio o productivo de un forraje es el producto de la concentración de nutrientes contenidos en éste (valor nutritivo) y la cantidad de forraje que un animal consume, es decir, el consumo voluntario (Reid, 1994).

El componente planta se puede expresar en términos de cantidad de forraje (por hectárea o asignada por animal) o en términos de calidad del forraje. La calidad está determinada, entre otros factores, por la composición química, la cual está definida por la concentración de nutrientes y pared celular; y por las características estructurales, como relación hoja/tallo, relación vivo/muerto, relación gramínea/leguminosa. Y la forma de presentación del forraje al animal (Cangiano, 1996).

El patrón de crecimiento, la variación en la calidad y cantidad, y la relación entre estas en el transcurso de las estaciones del año, son muy importantes al momento de tratar de entender el efecto pastura sobre la interacción pastura-animal-suplemento (Cibils et al., 1997).

Pigurina et al. (1997) señala que la calidad se relaciona directamente con el estado de crecimiento de la pastura. Esto significa que a medida que la planta crece, la digestibilidad y contenido proteico bajan su proporción, aumentando la pared celular. Esto repercute directamente sobre el consumo animal, ya que la fibra enlentece la tasa de pasaje del alimento y por lo tanto se mantendrá lleno durante más tiempo. En concordancia con ello, Cangiano (1996) señala que el consumo aumenta, en la medida que la digestibilidad se incrementa, hasta valores de 82%.

Así mismo, Ketelaars y Tolkamp, como se cita en el National Research Council (NRC, 2000), establecieron que hay un rango en la digestibilidad donde se da una relación lineal y positiva con el consumo de materia seca. Este rango se sitúa entre 30 y 84%. Por encima de este rango, la limitante deja de ser física y regulación del consumo pasa a ser metabólica.

Existe una relación entre el consumo de forraje y las características de las pasturas. En condiciones donde la cantidad de forraje es baja, sin importar la calidad, lo que se afecta es el comportamiento ingestivo. Este se afecta disminuyendo el peso de bocado y aumentando la tasa de bocado. Cuando la disponibilidad es alta, pero la calidad es baja, se afecta principalmente la tasa de pasaje, y esto repercute en el comportamiento ingestivo ya que el animal se mantiene lleno más tiempo y no pastorea. Cuando la disponibilidad y la calidad son altas, el comportamiento ingestivo y el llenado no son limitantes, en esta situación lo que limita es la cantidad de AGV obtenidos en el rumen, provocando que el animal finalice su consumo aunque las paredes del TGI no se hayan distendido (Cangiano, 1996).

Campos et al. (2002) señalan que el uso de suplementos en sistemas ganaderos pastoriles, determina un menor tiempo de pastoreo de los animales, ya que logran llenarse antes. Además, al pasar menos tiempo pastoreando, sus costos energéticos por actividad también se verían disminuidos.

2.3.1.3. Efecto del tipo y nivel de suplemento

En bovinos de carne, para poder corregir las deficiencias nutricionales y poder abordar certeramente los requerimientos animales, es indispensable poder predecir el consumo voluntario. Conociendo esta variable podremos corregir dichas deficiencias a través de la suplementación (NRC, 1987).

Para poder determinar el efecto del suplemento se debe tener en cuenta las características propias del concentrado, como su composición química, sitios de digestión de nutrientes, así como el tipo y cantidad del mismo.

En cuanto al tipo de suplemento, su manera de satisfacer los requerimientos del animal dependerá si es un concentrado energético o proteico. Cuando nos referimos a “concentrado”, estamos hablando de alimentos que, en su composición, proporcionalmente están conformados mayoritariamente por cierto componente, en este caso energía o proteína. Ejemplos de estos pueden ser: granos de cereales (energéticos), granos de leguminosas (proteicos) o subproductos industriales (energéticos o proteicos, dependiendo el grano de origen). Cangiano (1996) indica que, en condiciones de pastoreo, suplementar a los animales determina un aumento en el consumo de materia seca total, pero una reducción en el consumo de pastura.

Cuando se alimenta a un rumiante, más allá de alimentar al animal, se está alimentando a la microbiota presente en el rumen. Dicha microbiota será la encargada de degradar los nutrientes presentes en el alimento (azúcares, proteínas, fibra) y producirá AGV que quedarán disponibles para la absorción. Es muy importante y necesario que dentro del rumen se dé un adecuado balance energético-proteico, ya que a partir de esa energía fermentable en rumen y esa proteína degradable en rumen, se obtendrá la proteína microbiana (Cozzolino, 1994; Simeone & Beretta, 2009). En concordancia con ello, Santini (2014) señala que cuanto menor sea la calidad de la pastura, menor deberá ser la degradabilidad efectiva del almidón del suplemento a

utilizar, con el objetivo de lograr un balance de nutrientes adecuado en el sistema ruminal.

El suministro de suplementos energéticos incrementa el consumo total de energía ya que se incrementa la concentración energética de la dieta. Esto se debe a que estos concentrados son muy ricos en almidón y este es altamente fermentecible a nivel ruminal. Además de mejorar el consumo total de energía, también actúa en la producción de proteína microbiana ruminal, como se mencionó anteriormente. Sin embargo, se debe tener cuidado con los consumos elevados de este tipo de suplemento ya que el consumo se puede ver drásticamente disminuido debido a que puede ocurrir un descenso de pH, lo cual afecta el tiempo de rumia, afectando la digestibilidad del forraje, particularmente la fibra. Por ello, el balance entre los tipos de carbohidratos suministrados es esencial en la alimentación, para una producción eficiente (Mieres, 1997; Santini, 2014). Por el contrario, el suministro de concentrados con menor contenido de carbohidratos no estructurales, o subproductos de granos, afectan en menor medida la digestión de la fibra, ya que afectan menos al pH. Un ejemplo de este tipo de alimentos es el afrechillo de arroz, o trigo (Mieres, 1997).

Los suplementos nitrogenados, pueden ser de naturaleza proteica (proteínas verdaderas) o no proteicas, y dentro de estos, de mayor o menor degradabilidad a nivel ruminal. Además, pueden ser solubles o insolubles en rumen (Mieres, 1997). Santini (2014) indica que el pool de amonio en rumen está constituido por la contribución de parte de las proteínas de la dieta degradadas en rumen, y de la urea reciclada a través de la saliva de la pared ruminal. Si ese pool de amonio es bajo, habrá deficiencia de nitrógeno para las bacterias ruminales, lo que determinará una disminución en el consumo del animal ya que su población se verá disminuida.

Allison (1985) indica que, a diferencia de la suplementación con concentrados altos en almidón, cuando se suplementa con concentrados proteicos, se incrementa la digestibilidad y la tasa de pasaje de la ingesta, y, por ende, el consumo. Dicho efecto sobre el consumo, será significativo únicamente cuando el contenido de proteína del forraje sea menor a 8-10%.

Soto Silva y Reinoso Ortiz (2007) señalan que los vacunos alimentados con forrajes de mala calidad, como son el campo natural endurecido, rastrojos de sorgo, etc.; presentan desempeños en ganancias de peso muy bajas, y esto se debe a la baja concentración de proteína que dichos alimentos presentan, que causa un enlentecimiento en la degradación del forraje y por lo tanto una reducción en el consumo voluntario. Los autores señalan que cuando se suplementa con proteína, se corrige el déficit de nitrógeno, lo que causa un aumento en la velocidad de degradación ruminal, la llegada de proteína verdadera al duodeno, y todo esto concluye en un aumento del consumo y en consecuencia, mejores desempeños productivos. Además indican que cuanto más baja sea la calidad, y mayor sea la cantidad del forraje, mayor respuesta a la suplementación proteica se observará en el consumo voluntario.

En relación a los niveles de suplementación, y teniendo en cuenta la interacción entre la pastura y el suplemento, Lange (1980) define cinco tipos de relaciones posibles: adición (ocurre cuando el aporte de nutrientes por parte de la pastura es insuficiente, siendo una respuesta aditiva creciente hasta niveles de consumo en torno a 1.5% del peso vivo), adición con estímulo (donde el suplemento, además de suministrar nutrientes que se suman a los aportados por la pastura, genera un estímulo al consumo

de forraje de baja calidad), sustitución (ocurre cuando la pastura cubre los requerimientos del animal y se manifiesta cuando el suplemento suministrado es de mayor palatabilidad y calidad que la pastura, disminuyendo el consumo de forraje), sustitución con depresión (debido a que el suplemento, que tiene mayor valor nutritivo que el forraje consumido, genera depresión en el consumo y digestión del mismo), y adición y sustitución (ocurre comúnmente, donde inicialmente hay un efecto aditivo de la suplementación y que deriva en efectos sustitutivos de la pastura al mejorar el comportamiento animal). Adicionalmente, Pigurina et al. (1997) señalan que, en todos los casos, la respuesta productiva a la suplementación dependerá de la disponibilidad de forraje y de la carga, la cual es determinante del grado de utilización de la misma.

Así mismo, Pordomingo (2003) indica que igualmente la suplementación siempre impone en general cierto nivel de sustitución, reduciendo el consumo de forraje al ofrecer suplemento. En concordancia, Echeverría et al. (2014) indican que el animal siempre va a preferir el consumo de suplemento antes que la pastura natural, por lo tanto, el efecto sustitución siempre estará presente. De todos modos, Dixon y Stockdale (1999) destacan que en condiciones de consumo de forrajes de baja a media digestibilidad (pasturas naturales en invierno), las tasas de sustitución son bajas.

En base a la información generada a nivel experimental en Uruguay, se ha visto que, en condiciones de pastoreo, las mejores respuestas se han visto en un rango de 0,5-1% del PV. Cuando se ofrece suplemento dentro del rango mencionado anteriormente, se obtienen las mayores respuestas ya que se logra aportar mayor cantidad de nutrientes, con buenos consumos de forraje. Mientras que en situaciones donde se supera el 1%, comienza a darse el efecto sustitutivo de forraje por grano, reduciéndose el efecto de la suplementación (Baldi et al., 2008).

2.3.2. Respuesta a la suplementación en campo natural con subproductos industriales

A continuación, se describen dos suplementos considerados como antecedentes directos al grano de lupino. En primer lugar, el afrechillo de arroz, por ser un concentrado energético-proteico muy difundido y utilizado en el Norte del país para la suplementación de la categoría bajo estudio, y en segundo lugar, los granos destilados secos con solubles de sorgo, por ser también un concentrado energético-proteico, que presenta ciertas similitudes nutricionales con el grano de lupino, dado que hacen un aporte de proteína bruta similar, y parte de la energía que aportan, es a través del contenido de fibra de alta digestibilidad.

2.3.2.1. Afrechillo de arroz

Los afrechillos son subproductos de la industria molinera y usualmente se producen con las cubiertas externas del grano, o del pulido del mismo, como es el caso del afrechillo de arroz (Cozzolino, 1994). En el verano de 1988/89, se registró una sequía que generó grandes dificultades en el sector ganadero, y ese fue el punto de inicio en el uso de este subproducto (Quintans & Pigurina, 1994). Luzardo et al. (2010) señalan que, dada la buena combinación energía/proteína que contiene, el afrechillo de arroz se adapta muy bien a los requerimientos de las categorías en crecimiento (terneros, vaquillonas, novillos).

Gayo Ortiz (2007) destaca que el subproducto presenta 2.6 Mcal/kg de MS de EM y niveles de proteína bruta en torno a 13%. En concordancia, Lagomarsino y Brito (2014) indican que dadas las altas concentraciones de extracto etéreo (15-24% de la

MS) que contiene el afrechillo de arroz, este se torna un producto con importante nivel de energía. Sin embargo, Hess et al. (2005) indican que debe usarse con precaución ya que puede verse afectado el crecimiento de las bacterias del rumen, principalmente las celulolíticas y dar como resultado una baja degradación de la fibra. Algunos autores indican que los niveles de extracto etéreo no deben exceder el 5-6% en la dieta total.

Echeverría et al. (2014) afirman que niveles de suplementación mayores al 1% provocan una disminución en el consumo de forraje, dándose el fenómeno de sustitución con depresión. Por lo tanto, recomienda suplementar en un rango de 0,7 y 1% del peso vivo, que es donde mayor respuesta se observa.

Otra ventaja de este suplemento es que, debido a que es un subproducto del arroz, se obtiene de plantas que lo producen en regiones ganaderas del Norte y Este, y esto tiene un efecto considerable en el precio final del producto.

A nivel nacional se dispone de numerosa investigación con respecto a la suplementación invernal de terneros con este subproducto industrial. En la Tabla 2 se resumen experimentos de suplementación invernal con afrechillo de arroz de la recría sobre campo natural, especialmente en las regiones de Basalto y Este del país.

Tabla 2

Resumen de experimentos nacionales de suplementación invernal con afrechillo de arroz en terneros/as

Categoría	Per. suplem.	PVi (kg)	Tratamiento	Oferta supl. (%PV)	Carga (UG/ha)	Disp. forraje (kgMS/ha)	Dif. forraje	GMD (kg/a/d)	EC	Ref.
REGIÓN BASÁLTICA										
Terneros	Jul.-set. - 2007	168	Testigo s/s	-	0.84	1500	s/d	195	-	1
			Supl. diario	1				355	8.1	
Terneros	Jun.-set.	186	Testigo s/s	-	1.02	868	Si	406	-	2
			Supl. diario	0.8		774		635	7.5	
			Supl. lav	1.12		753		676	6.4	
			Supl. dpm	1.6		565		612	8.4	
Terneros	Jun.-set. - 2009	211	Testigo s/s	-	1.29	1400	Si	0.119 c	-	3
			Supl. diario	0.8				0.570 b	4.1	
			Supl. lav	1.12				0.637 ab	3.7	
			Supl. dpm	1.60				0.661 b	3.6	

Categoría	Per. suplem.	PVi (kg)	Tratamiento	Oferta supl. (%PV)	Carga (UG/ha)	Disp. forraje (kgMS/ha)	Dif. forraje	GMD (kg/a/d)	EC	Ref.
REGIÓN ESTE										
Terneras	Jul.-set. - 1992	168	Testigo s/s	-	0.85	1500	Si	-0.100 c	-	4
			Supl. diario	0.35				0.067 b	6.3*	
				0.7				0.193 b	4*	
				1				0.219 a	4.4*	
Terneras	Jul.-oct. - 1993	167	Testigo s/s	-	1.30	2500	Si	-50	-	5
			Supl. diario	0.7				200	2.6*	
Terneras	Jun.-set. - 1993	137	Testigo s/s	-	0.7*	2000	Si	-0.082 c	-	6
			Supl. diario	0.35				0.037 b	3.85*	
			Supl. diario	1.5				0.230 a	6.2*	

Terneras	Jul.-ago. - 2000	159	Testigo s/s	-	0.83	1364 a	Si	-225	-	7
			Supl. diario	1		1490 a		303	3.2*	

Nota. Letras distintas representan diferencias significativas dentro del ensayo: Suplem.= suplementación, PVi= peso vivo inicial, Supl.= suplemento, PV= peso vivo, UG= unidad ganadera, ha= hectárea, Disp.= disponibilidad, MS= materia seca, Dif.= diferimiento, GMD= ganancia media diaria, EC= eficiencia de conversión, Ref.= referencias, s/s= sin suplementar, s/d= sin dato, lav=lunes a viernes, dpm= día por medio. Tomado de D'Ambrosio Zeballos et al. (2021).

A pesar de que los trabajos experimentales de suplementación con afrechillo de arroz presentados en la Tabla 2 presentan un rango de GMD muy amplio, que va desde 0.037 hasta 0.676 kg/animal/día, todos arrojan valores positivos. La EC del suplemento en los experimentos citados se ubicó entre 3 hasta 8 kg suplemento por kg de ganancia adicional respecto al testigo sin suplementar.

Quintans (1994) señala que, en todos los trabajos experimentales de suplementación invernal de terneras sobre campo natural durante su primer invierno, los testigos siempre arrojaron pérdidas de peso vivo, mientras que los suplementados siempre resultaron positivos. Sin embargo, en la tabla anterior se puede ver una gran diferencia entre regiones en cuanto a la performance de los testigos.

También experimentos de suplementación infrecuente con este subproducto demuestran una respuesta positiva a la suplementación sobre campo natural diferido (Lagomarsino et al., 2014). Sin embargo, a pesar de que en todos los escenarios experimentales se obtuvo respuestas positivas en las ganancias de peso vivo, dichas respuestas variaron mucho dependiendo de la disponibilidad de forraje acumulada en el otoño (Cazzuli & Montossi, 2017).

2.3.2.2. Granos de destilería

Estos subproductos generalmente se caracterizan por presentar una mayor proporción de proteína, lípidos, FDN y cenizas, y una menor proporción de almidón, que los granos utilizados en su forma previo al procesamiento (Linn et al., 1998).

Los granos de destilería se consideran un suplemento energético-proteico. La fuente de energía son los carbohidratos estructurales, debido al contenido de fibra de alta digestibilidad, y los lípidos, siendo el aporte energético de este subproducto en torno a 2.9 Mcal/kg de MS de EM (Beretta et al., 2017). Con respecto a los carbohidratos, Schingoethe (2007) señala que, en la molienda seca el 97 a 99% de los carbohidratos no estructurales (azúcares y almidón) son consumidos durante la fermentación de los granos, mientras que los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina) incrementan su contenido significativamente en comparación con el material original. Con relación al contenido de proteína, Belyea et al. (1998) indican que el mismo varía según la cantidad de solubles agregados en el proceso industrial, lo que afecta la solubilidad y degradabilidad de dicho nutriente en el rumen. Sin embargo, Beretta et al. (2017) destacan que el contenido de proteína bruta del DDGS de sorgo es en torno a 27 a 30%.

Diferentes estudios realizados a nivel nacional han demostrado que la suplementación invernal de la recría pastoreando campo natural sobre Basalto con DDGS de maíz ha obtenido resultados favorables. Los animales suplementados han alcanzado ganancias de peso superiores a 1 kilogramo por animal y día, y una eficiencia de conversión alimentaria (Ec) entre 3.5 y 5 kg de suplemento por kg de ganancia adicional en comparación con los animales que no recibieron suplementación (Castro González & Ferrés Devotto, 2021; Legorburu Cuevasanta & Victorica Zorrilla de San Martín, 2019). Estas ganancias de peso son altamente beneficiosas y la Ec es muy buena, lo que destaca al DDGS como una opción excelente para la suplementación invernal de la recría.

Para que el grano de lupino pueda ser competitivo en la ganadería, especialmente en la etapa de recría, debe ser equiparable con los subproductos industriales ya mencionados.

2.4 LUPINUS ANGUSTIFOLIUS. UNA NUEVA ALTERNATIVA PARA LA SUPLEMENTACIÓN EN BOVINOS PARA CARNE EN EL PAÍS

2.4.1. El género *Lupinus*

Los lupinos son un género ampliamente diverso, perteneciente a la familia Fabaceae, con presencia de numerosas especies, pero solo cuatro son cultivadas (Mera, 2016). Esto le brinda la capacidad de adaptarse a distintas condiciones climáticas, desde la región subártica hasta el semidesierto y climas subtropicales, como también desde el nivel del mar hasta lugares con 4000m de altitud. La clasificación del lupino se puede categorizar en dos grupos: especies del "Viejo Mundo", Mediterráneo y África oriental; y especies del "Nuevo Mundo", América del norte y del Sur (Mohamed & Rayas-Duarte, 1995).

2.4.2. Producción y utilización mundial del grano

El lupino es utilizado principalmente como cultivo alimentario o forraje, mientras que algunas especies son utilizadas como ornamentales. Su principal valor comercial lo atribuye el uso de semillas con destino a la alimentación para rumiantes y monogástricos, así como también la acuicultura. En la región andina y mediterránea son también utilizados en la dieta humana (Pettersen, 2000).

Abraham et al. (2019) indican que la producción de lupino y el área cultivada en todo el mundo se encuentra alrededor de 1.610.969 toneladas y 930.717 ha, respectivamente, donde Oceanía contribuye al 64% y 55% de la producción mundial y superficie cultivada, respectivamente. El *Lupinus angustifolium*, es de las principales especies cultivadas en Australia y en el norte de Europa (Office of the Gene Technology Regulator [OGTR], 2013).

2.4.3. Inserción a nivel de sistema de producción

En los sistemas de producción ganaderos la alternativa de usar lupino presentaría varias ventajas. Tiene la posibilidad de ser usado como concentrado (semilla entera, partida o procesado) o como forraje (cultivo integral, ensilado o heno). Otra característica por la cual son una buena alternativa es la adaptabilidad a suelos pobres, menor requerimiento que otros cultivos, como también la posibilidad de ser una excelente opción en la rotación de cultivos. Aparte de su gran valor nutricional (Abraham et al., 2019).

A su vez sostiene que el comportamiento en suelos de textura fina y mal drenaje no es lo óptimo para el lupino, ya que no toleran el anegamiento. Como beneficio el lupino posee fijación simbiótica de nitrógeno, el cual genera un aporte de nitrógeno al suelo luego del cultivo. El mismo autor indica que, en cuanto al control de malezas al ser un cultivo de hoja ancha permite el uso de graminicidas, los cuales son más eficaces que los utilizados en cereales.

2.4.4. Características nutricionales del grano y factores anti nutricionales

Según la especie, el genotipo y la ubicación, el valor nutritivo del grano de lupino puede variar en gran medida. Como característica general de las especies utilizadas todas tienen un alto contenido proteico. En comparación con la soja, el grano de lupino contiene niveles más altos de aminoácidos esenciales que los de la soja (Beyer et al., 2015).

Pettersen (2000) destaca que, el lupino puede ser un componente económicamente competitivo para la formulación de dietas en rumiantes gracias a que la sustitución de harina

de soja por ASL (Australian sweet lupin) en dietas que tienen como base a los granos de cereales para animales criados en confinamiento, es posible que no modifique los niveles de lisina, metionina y energía digestible.

Wolko et al. (2011) señalan que los granos, en comparación con las partes vegetativas de las plantas, son los que presentan la mayor proporción de alcaloides de quinolizidina, los cuales generan el sabor amargo del lupino. Sin embargo, los cultivos actuales presentan bajo nivel de estos alcaloides, por lo cual el consumo de alimento no se ve afectado. En cuanto a los inhibidores de tripsina y las saponinas (factores anti nutricionales) son muy limitados en el grano de lupino (Nalle et al., 2012).

2.4.4.1. Contenido de fibra y energía

En *Lupinus angustifolius* las gruesas cubiertas de las semillas representan un 25% del peso total del grano, generando esto un alto contenido de fibra cruda (Petterson, 2000). Mera (2016) señala que los niveles de fibra cruda para la misma especie se encuentran en torno a 14% en base seca.

Van Barneveld (1999) señala que hay proporcionalmente mayor hemicelulosa en la fibra cruda de los lupinos comparado a otros tipos de legumbres, las cuales tienen a la celulosa como principal fuente de fibra. El contenido de lignina del lupino también es relativamente bajo.

La Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2018, como se cita en D'Ambrosio Zeballos et al., 2021) presenta datos donde la energía metabolizable se encuentra alrededor de 3,0 Mcal/kg MS, a su vez contiene una fracción péctica importante en forma de galactanos, que son carbohidratos fácilmente degradables por los microorganismos del rumen. Con el contenido adicional de oligosacáridos, la fibra total soluble, resulta muy apreciable (alrededor del 20%).

El carbohidrato específico del lupino se caracteriza por presentar bajos niveles de almidón y altos niveles de oligosacáridos de rafinosa, generando esto que sea el principal factor anti nutricional (White & Staines, 2007).

2.4.4.2. Contenido de proteína

En el caso del lupino bajo estudio, *Lupinus angustifolius*, los niveles de proteína oscilan entre el 29% y 31% en grano expresado en base seca (Mera, 2016).

Alrededor del 85% de la proteína presente en el lupino es de reserva, compuesto por alfa globulinas (Blagrove & Gillespie, 1975). El hecho de que la mayor proporción de la proteína de lupino sea de reserva y a su vez globulinas sugiere que probablemente sean de baja solubilidad (Satterlee et al., como se cita en Petterson, 1998).

El nivel de degradación de la proteína en rumen varía entre 42% a 95%. Los niveles más bajos estaban asociados a semilla entera con alta tasa de salida del rumen mientras que, las altas tasas de degradación (bajo nivel de by-pass) se asociaron con moliendas fina y/o bajas tasas de salida fraccional (Erskov & McDonald, 1979, como se cita en Van Barneveld, 1999).

Dixon y Hosking (1992) sugieren que la mayoría de los estudios sobre degradabilidad de lupino en rumiantes informan una alta tasa de degradación (800 g/kg). Sin embargo, el método de preparación de la semilla puede influir en la proporción de proteína que sobrepasa el rumen, aunque en la mayoría de los casos, la proporción de proteína y aminoácidos que llegan intactos al abomaso, es baja.

Hay resultados que demuestran que alrededor del 10% del nitrógeno presente en el grano es de origen no proteico, mientras que el otro 90% proviene de la suma total de aminoácidos (Mosse & Evans, como se cita en Van Barneveld, 1999).

Con respecto a los aminoácidos, Edwards y Van Barneveld (1998) presentaron en un estudio el suministro de aminoácidos del grano de lupino comparado con el perfil de aminoácidos ideal pos duodenal, requerido por una vaca de alta producción. Se obtuvo que el nivel de metionina, cisteína y lisina era bajo, mientras que el contenido de arginina es 4 veces mayor a lo requerido, aunque esto parecería no generar un desbalance a nivel del organismo.

2.4.4.3. Contenido de lípidos

El lupino presenta una alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados, pero el nivel de aceite es generalmente bajo, en comparación con las semillas oleaginosas (Huyghe, 1997).

El contenido de grasa cruda de los lupinos varía dentro y entre especies, con un rango de 1 a 21%. En el caso de *Lupinus angustifolius*, el contenido usualmente es menor a 6% (Petterson et al., 1997).

Petterson (1998) informó que los principales ácidos grasos presentes fueron: linoleico 483, oleico 312, palmítico 76, linolénico 54. A su vez, los extractos de aceite de *L. angustifolius* eran estables durante 3 meses a 51, indicando un alto nivel de actividad antioxidante en este material.

Abraham et al. (2019) indican que el contenido de lípidos se caracteriza por tener una alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados y que en comparación con los restantes granos de oleaginosas el contenido de lípidos en general es bastante bajo. A pesar de esto la calidad lipídica en cuanto a relación ácidos grasos insaturados/ ácidos grasos saturados y ácidos grasos poliinsaturados, es desde el punto de vista nutricional, más importante que la cantidad total.

2.4.4.4. Contenido de minerales

Comparado a otras leguminosas las semillas de lupino contienen elevados niveles de N, P, K y de micronutrientes como hierro y cinc, pero bajos niveles de calcio y magnesio.

Underwood (1971) señala que puede haber ocasiones en la que las concentraciones de los minerales se encuentren por debajo de los requerimientos mínimos de mantenimiento y crecimiento de los rumiantes. Así mismo resalta que, debido a que por lo general el lupino es suministrado en combinación con otras dietas, por lo cual no se generaría un problema en la formulación de dietas. El mismo autor informa que según la zona donde se da el crecimiento del cultivo, el contenido de hierro, manganeso, cobalto y selenio puede presentar rangos de variación importante.

2.4.5. ¿Es necesario un procesamiento previo del grano al suministrarse en dietas de bovinos?

El molido del grano actúa disminuyendo el tamaño de partículas, lo que incrementa la digestibilidad de los distintos granos, como así también la digestibilidad parcial en cada sitio de digestión. Esto genera que se logre el máximo aprovechamiento de la energía de los granos en general, donde las envolturas que recubren el almidón no oponen tanta resistencia a la acción de la flora ruminal (Ustarroz & De León, 1999).

Pordomingo (2003) concuerda con Ustarroz y De León (1999) sosteniendo que al reducirse el tamaño de partícula, en caso de los cereales el almidón queda expuesto, aumentando la solubilidad del suplemento y su rapidez de fermentación en el rumen. El procesamiento, ya sea aplastado, quebrado o molido aumenta su digestibilidad y aprovechamiento.

Rojas y Catrileo (1998) realizaron un ensayo en el cual se estimó si había diferencias al procesar el grano de lupino o suministrar entero. Los resultados obtenidos demuestran que el procesamiento del grano no mejora el resultado productivo, donde la eficiencia de conversión y la ganancia diaria fueron no significativas entre ambos tratamientos.

Acosta Lagaxio et al. (2022) no obtuvieron diferencias significativas en relación al procesamiento del grano de lupino ofrecido a novillos pastoreando sorgo forrajero, ni en respuesta a la suplementación, ni en la eficiencia de conversión del suplemento. A su vez el consumo de suplemento fue similar y concluyeron que no hubo grandes dificultades para el consumo de este.

2.4.6. Respuesta a la suplementación

Rojas y Catrileo (1992) en Chile, midieron el efecto de usar grano quebrado entero en novillos Hereford estabulados, donde obtuvieron como respuesta a la suplementación de 705 g/animal/día.

Es escasa la información generada a nivel nacional, donde no se han realizado experimentos en los que se estudie la respuesta a la suplementación con lupino sobre campo natural. D'Ambrosio Zeballos et al. (2021) evaluaron el efecto de suplementación con grano de lupino ofrecido a razón del 1% del peso vivo, a terneros pastoreando sobre campo natural en invierno. Estos autores reportan en los animales suplementados una ganancia media diaria de 600 g/animal/día, con una respuesta a la suplementación de 470 g/animal/día y una eficiencia de conversión del suplemento de 2,98:1. Bergós Cremona y Errandonea Algorta (2020) evaluaron el efecto del tipo de suplemento (sorgo, DDGS de sorgo o Lupino) de distintos granos, donde se evaluaba al lupino en terneros que pastoreaban verdeos de invierno, obtuvieron como respuesta a la suplementación 150, 350 y 430 g/animal/día respectivamente, mientras que, la eficiencia de conversión fue 13,1; 5,6 y 4,9 a 1.

2.5 HIPÓTESIS

La suplementación invernal con alimentos no almidonosos (grano de lupino quebrado o afrechillo de arroz) al 1% de su peso vivo a terneros de destete manejados sobre campo natural incrementa la ganancia de peso vivo y modifica el comportamiento ingestivo respecto al testigo sin suplementación. Dichas respuestas podrán variar dependiendo del tipo de suplemento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y PERIODO DEL EXPERIMENTO

El trabajo se llevó a cabo en el establecimiento ganadero-agrícola “Los Álamos”, el cual se ubica en el departamento de Salto, al Este de la capital departamental. Para llegar al mismo desde Salto, se debe tomar Ruta N° 31, y en el km 31, tomar el camino vecinal “Cuchilla de Salto” (coordenadas geográficas 31° 29’ 50” de latitud Sur y 57° 19’ 06 de longitud Oeste).

El experimento fue ejecutado durante el invierno de 2022, en un periodo comprendido desde el 12 de Julio al 21 de septiembre, un total de 71 días.

3.2. ÁREA EXPERIMENTAL E INFRAESTRUCTURA

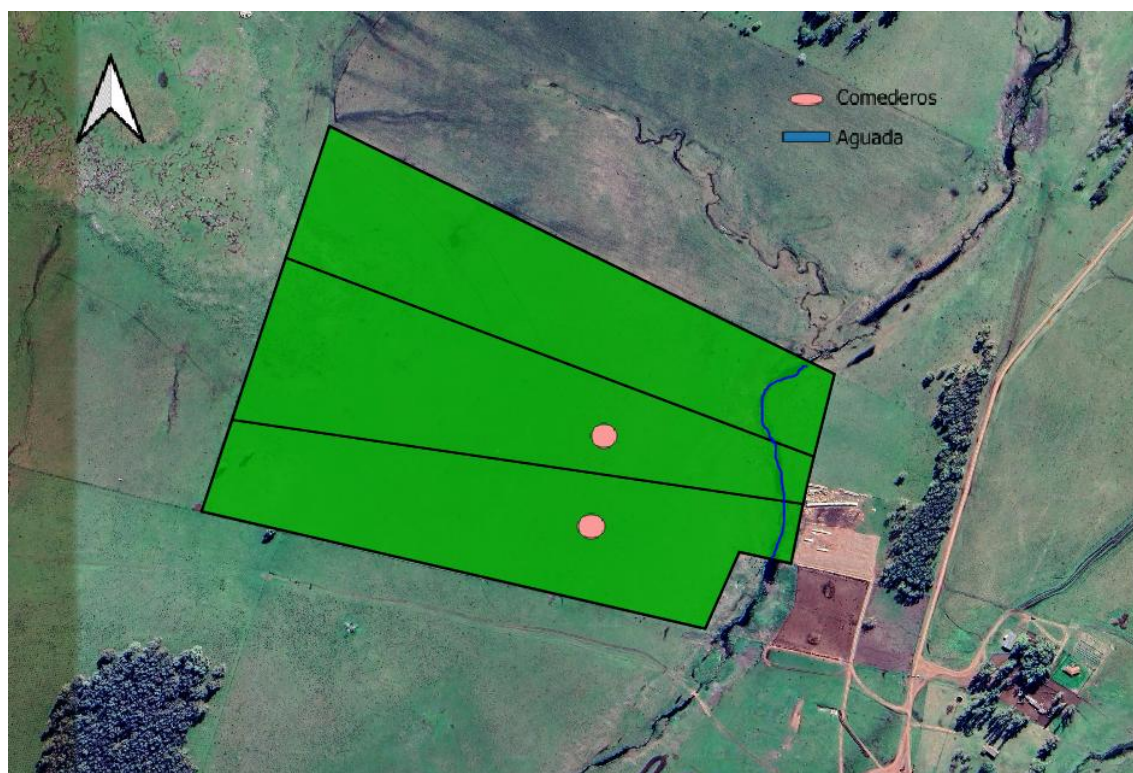
Fueron utilizadas 31,5 hectáreas de campo natural divididas en 3 parcelas de 10,5 ha cada una.

Dicha área experimental se sitúa sobre la región basáltica, unidad Itapebí Tres Arboles. Los grupos de suelo CONEAT predominantes en el área de trabajo son 1.10b el cual se caracteriza por tener suelos superficiales, los suelos dominantes son Litosoles Subeutricos Melánicos y Litosoles Ródicos. Tienen una profundidad de 30 centímetros. El índice CONEAT de este grupo es 30 y ocupa un 35% del área. El otro grupo de suelo CONEAT presente es 12.22 en el que predominan Vertisoles Háplicos y Brunosoles Eutricos, como suelos asociados se encuentran Brunosoles y Litosoles con menor profundidad. El índice CONEAT de este grupo es de 151 y ocupa 65% del área. El índice CONEAT promedio del área es 106 (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca [MGAP], s.f.).

El perímetro del área experimental se delimitó con un alambrado de tipo convencional, mientras que en la subdivisión de las 3 parcelas se utilizó alambrado eléctrico de 3 hilos. Cada parcela tenía acceso a agua, la cual era de fuente natural. Dos de ellas disponían de comederos para suplementación diaria. Los mismos eran tarrinas de 200 litros cortadas longitudinalmente a las cuales se les añadió un soporte en la base para evitar su vuelco. Presentaban un frente de ataque de 30 cm/animal. Los comederos fueron ubicados en una posición estratégica en cada parcela sobre suelo firme y bien drenado para evitar la eventual formación de barro excesivo dado que el experimento fue realizado en invierno. En la Figura 1 se presenta un croquis del área experimental descrita anteriormente.

Figura 1

Diseño del área experimental, con identificación de los tratamientos, bebederos y comederos



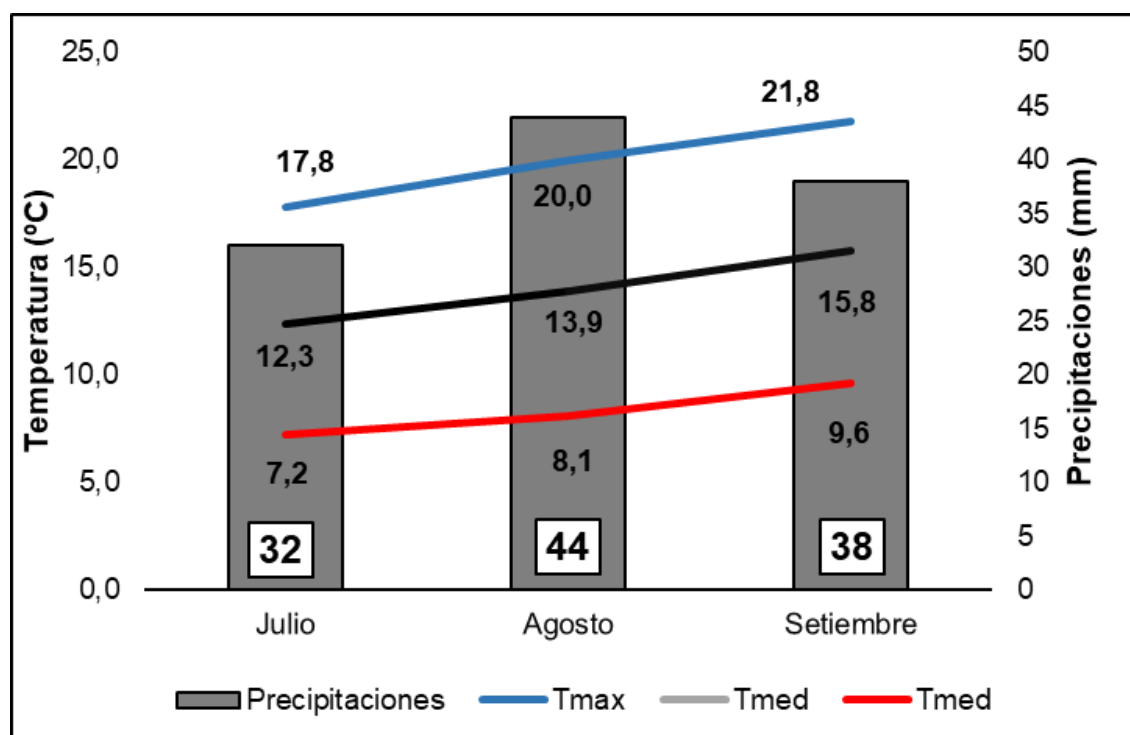
Nota. Adaptado de Google Earth (2024).

3.3. CLIMA

Según datos extraídos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, 2024), para la serie histórica 1970-2021, en la Figura 2 se presentan los valores de temperaturas media, mínima media y máxima media, para el periodo en que se realizó el experimento (12/7-21/9) y el promedio histórico de precipitaciones para el mismo periodo.

Figura 2

Temperaturas mensuales medias, mínimas medias y máximas medias y precipitaciones acumuladas promedio



Nota. Adaptado de INIA (s.f.).

Como se observa en el gráfico para el periodo comprendido entre el 12/7 al 21/9 con registros de 51 años, arrojan valores con temperaturas máximas de 19,9 °C, temperaturas medias de 14° C y temperaturas mínimas de 8, 3° C, mientras que las precipitaciones acumuladas fueron de 114 mm.

3.4. ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Se utilizaron 48 terneras hembras de raza Angus - limangus, nacidas en la primavera de 2021 y destetadas en otoño de 2022. Comenzaron el experimento con un peso promedio de 158 kg (± 3.2). Los animales fueron distribuidos en 3 grupos al azar, que fueron sorteados a 3 tratamientos:

- Testigo: pastoreo de campo natural sin acceso a suplemento.
- Suplementación con lupino: *ídem* a Testigo más suplementación con Lupino (*Lupinus angustifolius*) a razón de 1 kg de MS/100 kg de peso vivo.
- Suplementación con afrechillo de arroz: *ídem* a Testigo más suplementación con afrechillo de arroz a razón de 1 kg de MS/ 100 kg de peso vivo (PV).

El experimento presentó un diseño de parcelas al azar siendo el animal la repetición. En cada tratamiento se utilizaron 16 terneras, las cuales pastorearon el campo natural de forma continua, con una carga ajustada de 1,52 terneras por hectárea, equivalente a 241 kg de PV/hectárea (0,63 UG/ha) el 21/07/2022, cuando inició el periodo experimental.

Los animales se identificaron con caravanas de diferente color, colocadas en la oreja derecha (azul le correspondía a el lote suplementado con lupino, rojo a las suplementadas con afrechillo arroz y verde para el lote testigo).

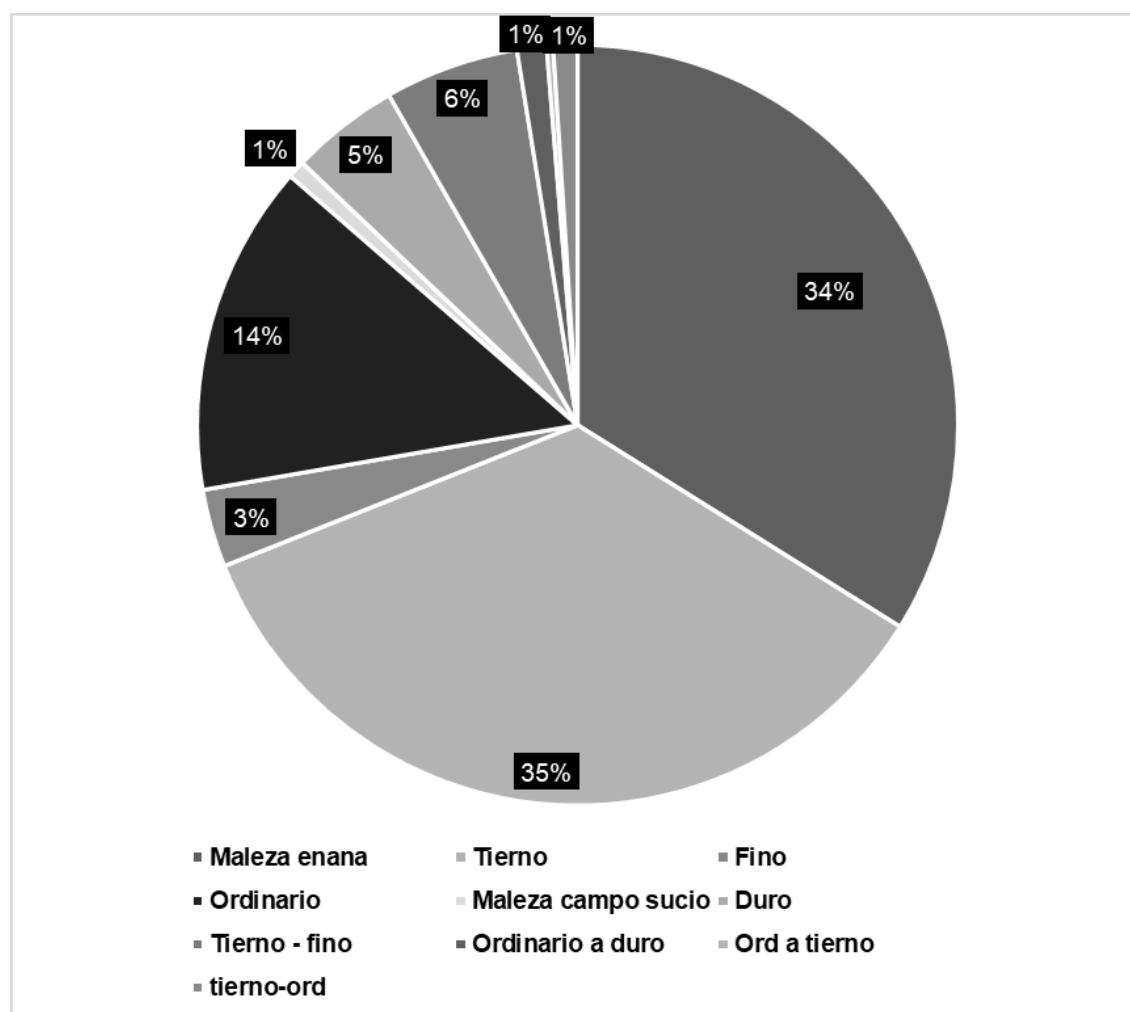
3.5. BASE FORRAJERA Y SUPLEMENTO

La disponibilidad promedio al inicio del periodo experimental para toda el área fue de 1002 ± 86 kg de MS/ha.

Mediante el muestreo de especies denominado “Paso Punto” (Berretta & Cadenazzi, 1985), se procedió a realizar una caracterización cualitativa del tapiz. Dicho método consistió en el uso de una aguja de alambre, que se apoyó de forma vertical sobre el suelo, y se describieron todas las especies que contactaron con esta. El potrero presentaba 3 zonas diferentes topográficamente, un cerro, una zona de ladera y el bajo sobre las aguadas, por lo tanto, se determinó tomar 50 lecturas por cada zona para identificar las diferentes especies presentes. Las características más relevantes que se obtuvieron de dicho análisis, mediante una caracterización de especies según Rosengurt (1979), fueron predominio de especies de tipo vegetativo perenne en la totalidad del área experimental (78%), con proporción de especies según ciclo productivo similar, siendo un 54% invernales y 46% estivales, y predominio de tipo productivo tierno y malezas enanas, con 34% ambos tipos. En la Figura 3 se representa la proporción de especies según tipo productivo de la totalidad del área del experimento. La Contribución Específica por Presencia (CEP), calculada como la relación expresada en porcentaje entre la frecuencia de una especie y la suma de las frecuencias de todas las especies, arroja como predominantes a: *Paspalum notatum*, *Oxalis sp*, *Ciperáceas* y *Soliva pterosperma*, con una CEP de 19,13,11 y 6 respectivamente.

Figura 3

Proporción de especies según tipo productivo relevadas en el área experimental



Se utilizó grano de lupino quebrado, proveniente de un establecimiento agrícola ganadero ubicado en el departamento Rio Negro. El grano fue procesado en el establecimiento de origen, utilizando una quebradora-embolsadora marca Richiguer, provista de rodillos con un dentado grueso, logrando partir el grano de lupino en tres o cuatro pedazos.

Con relación al afrechillo de arroz, fue adquirido a nivel comercial en bolsas de 25 kg, y almacenado junto al grano de lupino en un galpón con ambiente seco y fresco.

En la Tabla 3 se presenta la composición química del grano de lupino y del afrechillo suministrado.

Tabla 3

Composición química del grano de Lupinus angustifolius y afrechillo suministrado (expresado en base seca)

	Afrechillo de arroz	Lupino
Materia seca (% base fresca)	86.41	90.49
Cenizas totales (%)	8.68	4.76
Proteína cruda (%)	13.71	37.14
Extracto etéreo (%)	14.35	7.37
Fibra detergente neutro (%)	21.33	19.40
Fibra detergente ácido (%)	10.84	13.48
N insoluble en detergente ácido (%N * 6.25)	3.12	5.38

3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.6.1. Periodo pre experimental

Previo al comienzo del experimento, se les realizó la sanidad correspondiente (Levamisol y clostridiosis), acompañado de un análisis coproparasitario con el fin de estar seguros de que el antiparasitario fue efectivo.

Entre el 2 y el 12 de Julio, se realizó el acostumbramiento gradual al consumo de suplemento de aquellas terneras que iban a ser suplementadas, mientras que las terneras testigo permanecieron pastoreando campo natural. El acostumbramiento se realizó en un corral, donde disponían de agua, sombra, y alimento. El objetivo de esta etapa fue que la totalidad de los animales aprendieran a comer concentrados.

Durante el día 1 los animales dispusieron únicamente de agua. A partir del segundo día se ofreció 1kg de fardo de arroz cada 100 kg de PV (corregido por MS), más 0,2 kg por cabeza de concentrado (lupino o afrechillo de arroz, según el tratamiento), el cual fue colocado sobre el fardo. Mientras se colocaba el alimento en el comedero los animales permanecían en un corral aparte, a efectos de que luego se logrará que todos formen y coman simultáneamente. El suministro de alimento se realizó una sola vez por día, a la misma hora (7:30 h). A última hora se observaba posibles excedentes de alimento en el comedero. Desde el día 3 en adelante el suministro de concentrado se fue aumentando a razón de 0,2 kg por día hasta alcanzar el 1% del PV.

3.6.2. Periodo experimental

El día 12 de julio los animales ingresaron a las parcelas del área experimental, siendo este considerado el día 1 del periodo experimental. Se pesaron en ayuno, siendo este considerado el PV de inicio.

El suministro de suplemento se realizó siempre a la misma hora (8 am). Previo al suministro del concentrado, se extraía el remanente correspondiente al día anterior. La cantidad de suplemento ofrecido (kg MS por animal por día) fue ajustada cada 14 días, luego de que se realizaba la pesada de los animales, corrigiendo por porcentaje de humedad de cada concentrado.

El día 21 de septiembre culminó el periodo experimental, mañana en la que se realizó la última pesada, con el ayuno previo correspondiente.

3.7. REGISTROS Y MEDICIONES

3.7.1 Animales

3.7.1.1. Consumo de suplemento

Se obtuvo a partir de la diferencia entre la cantidad ofrecida diariamente y la cantidad rechazada. Dicho rechazo, luego de tomarse su peso, se descartaba.

También, al inicio del experimento y cada 14 días se extrajo una muestra representativa de los concentrados, la cual se secaba para obtener el contenido de MS de cada suplemento. Las mismas se conservaron, para luego ser molidas y combinadas en una muestra compuesta (representativa del periodo experimental), para su posterior análisis químico.

3.7.1.2. Peso vivo

Los animales fueron pesados al inicio del experimento y cada 14 días. El registro de peso se hizo siempre a la misma hora, con ayuno previo de 12 horas, aproximadamente. Los tratamientos eran mezclados al momento de la actividad, para que los registros de pesos de la totalidad de los animales de cada lote fueran sin un orden de ingreso predeterminado. Esta actividad fue llevada a cabo con una balanza electrónica TruTest modelo S3.

3.7.1.3. Comportamiento ingestivo

En tres oportunidades durante el periodo experimental (semanas 3, 6 y 9) se registró el comportamiento de los animales, mediante observación directa de cada uno dentro de su parcela, durante las horas de luz (07:00-19:00 hs). Cada 10 minutos, fueron registradas las actividades que estos realizaban: pastoreo efectivo o búsqueda, rumia parado o echado, descanso parado o echado y acceso al agua. En cada semana, la registración se realizó en 2 días consecutivos, específicamente 27/7 y 28/7, 26/8 y 27/8, y 15/9 y 16/9.

Durante las etapas de comportamiento ingestivo, también se llevó a cabo la medición de la tasa de bocado, durante la primera sesión de pastoreo al comienzo de la mañana y al final de la tarde, registrando el número de bocados en un minuto.

3.7.2. Pastura

3.7.2.1. Disponibilidad de forraje, altura de forraje disponible y proporción de restos secos

La disponibilidad de forraje fue determinada al inicio del periodo experimental y luego cada 14 días, mismo día que la pesada correspondiente de los animales. Para estimar la biomasa aérea se utilizó la técnica de doble muestreo de Haydock y Shaw (1975). El procedimiento consiste en recorrer el área experimental e identificar 2 escalas (a y b) de 5 puntos cada una, donde el 1 corresponde a la menor cantidad de forraje y el 5 a la de mayor cantidad. Para determinar las escalas fue utilizado un cuadrado de alambre de 30 cm de lado. Además, se midió la altura de la pastura en el centro y en los 4 vértices del cuadrado, registrando el punto más alto de contacto de la lámina con la regla, sin estirarse. La proporción de suelo desnudo y restos secos en los diferentes puntos de la escala se estimó de forma visual.

Una vez que las escalas quedaron registradas, se recorrió cada parcela en zigzag, arrojando el cuadrado, 100 repeticiones por parcelas, para así determinar la frecuencia con que cada escala se repitió. Una vez finalizado el relevamiento, se cortó cada escala al ras de suelo. Las 10 muestras de forraje obtenidas, correspondientes a las 2 escalas de 5 puntos, se colocaron en bolsas, identificando fecha, escala y repetición, se trasladaron a la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de Salto, donde fueron secadas en una estufa a 60°C durante 48 horas, hasta llevarlas a peso constante, para poder determinar el peso seco de cada cuadro.

Con el peso seco de cada muestra, se estimó el equivalente en kilogramos de materia seca por hectárea para cada escala, y teniendo en cuenta la frecuencia de aparición de cada escala en las diferentes parcelas, se calculó la disponibilidad de forraje promedio por parcela (kg/ha).

Las muestras secas fueron molidas en el molinillo y conservadas para su posterior análisis químico, las que se identificaron y fueron enviadas al laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía.

3.7.3. Registros meteorológicos

Las precipitaciones fueron registradas en el propio establecimiento, mediante un pluviómetro ubicado a 100 m del área experimental. Mientras que los datos de temperatura mínima, media y máxima diaria y las heladas agrometeorológicas, se tomaron de INIA (2024).

3.8. ANÁLISIS QUÍMICO DE LA DIETA

Los análisis químicos de los alimentos ofrecidos fueron realizados en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía.

Sobre las muestras compuestas, tanto de afrechillo de arroz como lupino se realizaron análisis determinando: materia seca (MS), cenizas totales (C), nitrógeno total (NT), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA & AOAC, 2012, como se cita en D'Ambrosio Zeballos et al. 2021), extracto etéreo (EE) y nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA & AOAC, 2012, como se cita en D'Ambrosio Zeballos et al., 2021).

Con respecto a las muestras de forraje se determinó MS, C, NT, FDN y FDA. La composición química de la pastura al inicio del periodo experimental se determinó sobre una muestra compuesta de las repeticiones a y b, para cada escala en dicha fecha, y con los

resultados de análisis químico de cada una de las muestras, ponderando según la frecuencia de aparición de las escalas en cada parcela experimental. Las muestras de forraje seleccionado fueron combinadas en una muestra compuesta por parcelas para el periodo experimental (ver Anexo A).

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado mediante modelos lineales correspondientes a un diseño de parcelas al azar, considerando como unidad experimental al animal. El modelo estadístico general incluyó los efectos fijos del tratamiento, el tipo racial y la interacción entre ambos, y el peso inicial como covariable.

El efecto de los tratamientos sobre la ganancia media diaria fue estudiado mediante un modelo de heterogeneidad de pendientes del peso vivo en función del tiempo, utilizando el procesamiento mixed de SAS (versión 2008). Las pendientes de los tratamientos, representados por la ganancia media diaria, fueron comparados mediante contrastes simples.

Cambios en la ganancia media diaria durante los diferentes sub-períodos del período experimental, fueron comparados mediante la estimación del intervalo de confianza de las medias (95%).

Modelo general:

$$Y_{ijkl} = \beta_0 + \zeta_i + \epsilon_{ij} + \beta_1 dk + \beta_1 i \zeta_i dk + \beta_2 PV_{ij} + \sigma_{ijkl}$$

Dónde,

Y_{ijkl} : peso vivo

β_0 : intercepto

ζ_i : efecto del j-ésimo tratamiento (j= Testigo, lupino)

ϵ_{ij} : error experimental

$\beta_1 dk$: es la pendiente promedio (ganancia diaria) del PV en función de los días

$\beta_1 i \zeta_i dk$: es la pendiente del PV en función de los días para cada tratamiento

$\beta_2 PV_{ij}$: es la pendiente que afecta a la covariable PV al inicio del experimento

σ_{ijkl} : es el error de la medida repetida en el tiempo (dentro de animales).

Para el análisis de las variables de comportamiento ingestivo de los animales, fue realizada transformación LOGIT de los datos originales, la cual asume que la variable “número de registros/registros totales” tiene distribución binomial. Transformación LOGIT: $[\ln(P/(1-P))]$, siendo P la proporción de observaciones de consumo, rumia, descanso, acceso a comedero o agua. Los datos transformados fueron analizados a través de un modelo lineal generalizado usando el macro GLIMMIX del paquete estadístico SAS (versión 2008).

$$\ln(P/(1 - P)) = \beta_0 + \zeta_i + P_j + (\zeta P)_{ij} + D_k(P)_j$$

Dónde,

P: es la probabilidad de rumia, descanso o pastoreo

β_0 : es el intercepto

ζ_i : es el efecto de los tratamientos

P_j : es el efecto de la semana

$(\zeta P)_{ij}$: es la interacción entre tratamiento y semana

$D_k(P)_j$: es el efecto de los días dentro de cada semana.

Para la tasa de bocado se utilizó el siguiente modelo general:

$$Y_{ijkl} = \mu + \zeta_i + \varepsilon_{ij} + P_k + (\zeta P)_{ik} + D_i(P)_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde,

Y_{ijkl} : es la tasa de bocado

μ : es la media general

ζ_j : es el efecto de los tratamientos

ε_{ij} : es el error experimental

P_k : es el efecto de la semana

$(\zeta P)_{ik}$: es la interacción entre tratamiento y semana

$D_i(P)_k$: es el efecto de los días dentro de cada semana

ε_{ijkl} : es el error de la medida repetida.

Los registros por tratamiento describiendo el consumo de materia seca de suplemento y cambios en la condición de la pastura (disponibilidad, altura, % de restos secos, biomasa forraje verde) fueron analizados utilizando el procedimiento GLM de SAS (versión 2008).

En todos los casos se consideró un efecto estadísticamente significativo cuando la probabilidad de error de tipo I fue al 5% ($P < 0,05$) y una tendencia cuando ($P = < 0,10$).

Cuando el efecto de tratamiento fue significativo las medias fueron comparadas mediante contrastes ortogonales, evaluando el efecto de la suplementación (Testigo vs Suplementados) y el efecto del tipo de suplemento (AA vs lupino). Las medias de los tratamientos fueron comparadas mediante contrastes Tukey.

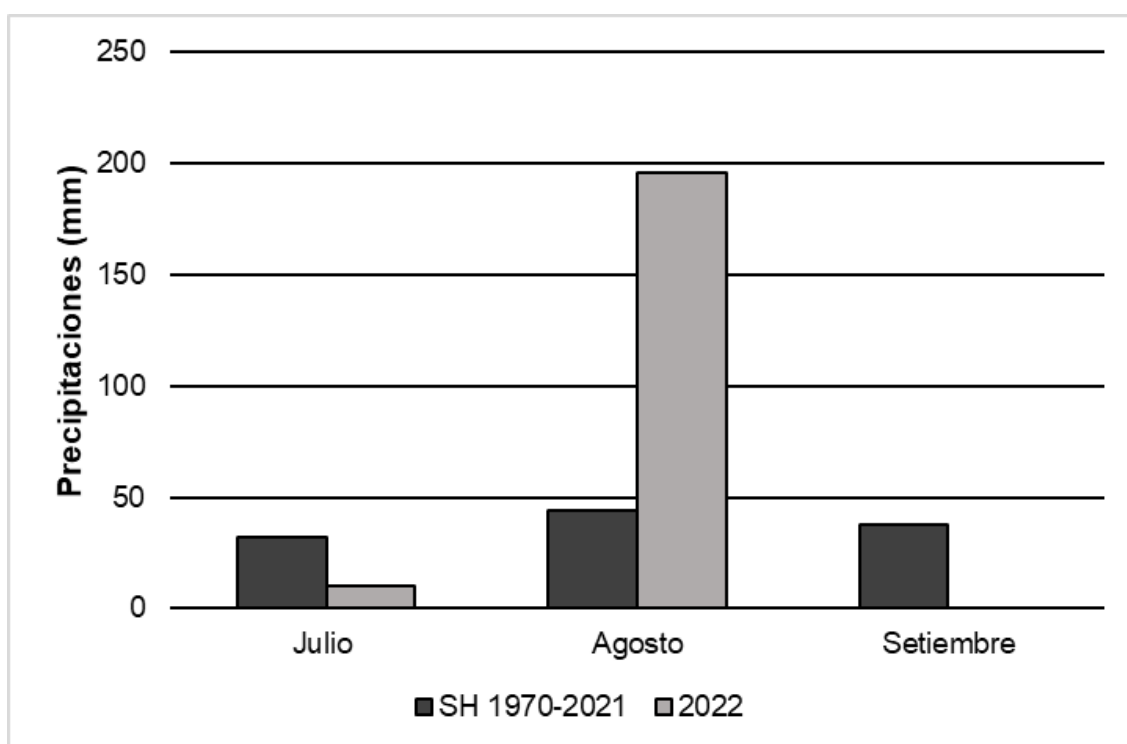
4. RESULTADOS

4.1. REGISTROS METEOROLÓGICOS

En la Figura 4 se comparan los datos de los registros de los promedios históricos en la estación Salto Grande para la serie de 51 años, durante el periodo estrictamente experimental, y los datos recabados en el experimento entre el 12/7 y el 21/9. Los niveles de precipitaciones según el promedio histórico son de 114 mm, mientras que en la época en que se realizó el experimento las precipitaciones fueron 206 mm. Cabe destacar que, días previos al comienzo del experimento (8 al 11 julio) llovieron 40 mm, mientras que durante el último tercio del experimento se presentó una sequía donde no hubo precipitaciones.

Figura 4

Precipitaciones correspondientes al periodo experimental y la serie histórica (SH) de promedios (1970-2021)



Nota. Adaptado de INIA (s.f.).

En relación a la temperatura, en la Tabla 4 se puede observar que, durante el periodo experimental, las medias registradas para los valores mínimos, medios y máximos, fueron superiores a las de la serie histórica de datos. También en el mismo cuadro, se puede observar que para el año 2022, durante el mes de agosto, es en el que se registran temperaturas mayores al promedio histórico.

En relación a las heladas agrometeorológicas, se puede observar en la Tabla 4 que la ocurrencia de dicho fenómeno fue similar en el número total de heladas totales durante el transcurso del experimento, pero hubo mayor número de heladas en los meses de agosto y septiembre.

Tabla 4

Temperaturas del aire mínima, media y máxima y ocurrencia de heladas meteorológicas

		Julio	Agosto	Setiembre	Promedio del periodo
Temperatura mínima media	SH	7.12	8.07	9.65	8.28
	2022	10.43	6.94	8.28	8.55
Temperatura media	SH	12.28	13.89	15.77	13.98
	2022	14.86	13.43	14.98	14.42
Temperatura máxima media	SH	17.77	19.99	21.81	19.85
	2022	20.35	20.14	22.2	20.89
Heladas agrometeorológicas	SH	8	9	3	20
	2022	4	13	7	24

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA

4.2.1. Caracterización física de la pastura

En la Tabla 5 se presentan las medias ajustadas de las características físicas de la pastura para el promedio del periodo experimental.

Al inicio del experimento el área contaba con una disponibilidad inicial de 1002 ± 86 kg de MS/ha, con una altura promedio $3,8 \pm 0,2$ cm.

Tabla 5

Efecto de distintos suplementos a terneros pastoreando campo natural sobre las características de la pastura

Variable	Test	AA	Lup	EE	P valor	Testigo vs supl	Lup vs AA
Biomasa aérea (kg MS/ha)	740	856	913	48	0,06	0,02	0,4
Altura (cm)	2,61	3,43	3,36	0,21	0,02	0,0082	0,82
Biomasa verde (kg MS/ha)	588	682	721	79	0,26	0,12	0,63

Nota. Test= testigo sin suplementación, Lup= suplementación con lupino, AA= suplementación con afrechillo de arroz, EE= Error estándar.

La biomasa promedio de toda el área durante el periodo experimental fue de 836 ± 68 kg MS/ha. El efecto de tratamiento tendió a ser significativo ($P=0.06$), observándose cuando se suplementó mayor biomasa aérea disponible con relación al testigo (884,5 vs 740, $P=0.026$), mientras que entre los tratamientos suplementados (Afrechillo vs lupino) la disponibilidad no presentó diferencias significativas (913 vs 856, $P=0.41$). El mismo tipo de respuesta fue observada para la altura de la pastura, la suplementación presentó una altura mayor frente al testigo (3.4 vs 2.6, $P<0.01$), mientras que, entre los tratamientos suplementados, la altura no presentó diferencias significativas (3.43 vs 3.36, $P=0.82$).

En las Figuras 5 y 6 se puede observar cómo evolucionó la biomasa aérea y la altura por tratamiento durante el periodo experimental.

Figura 5

Evolución de la biomasa aérea a lo largo del periodo experimental

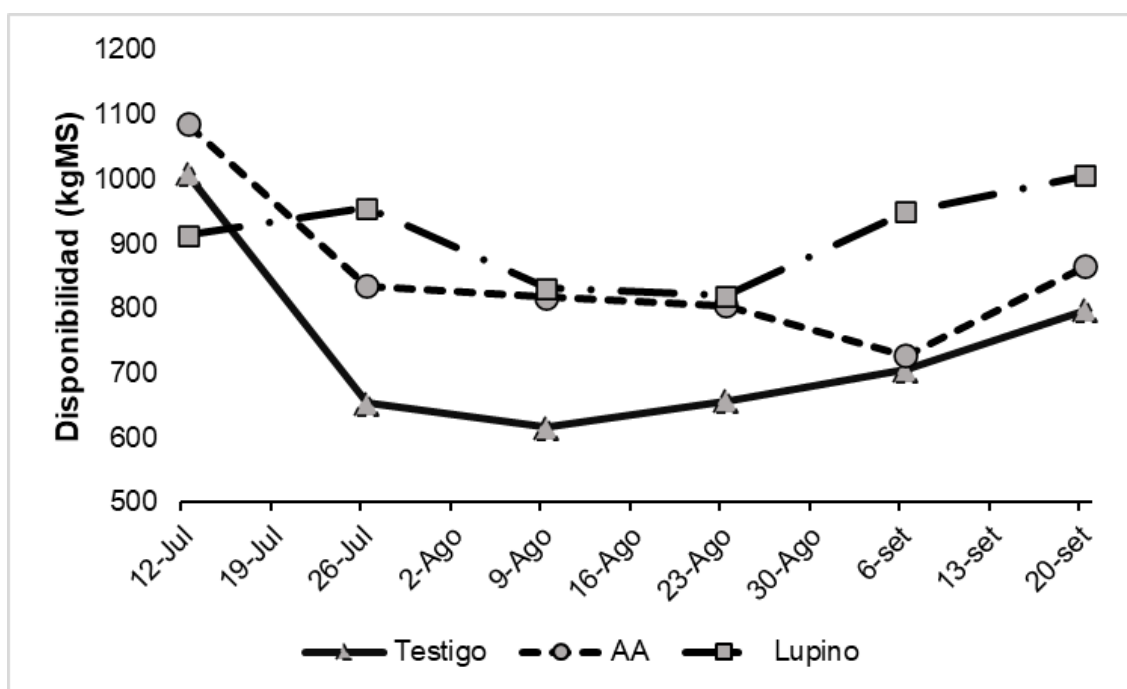
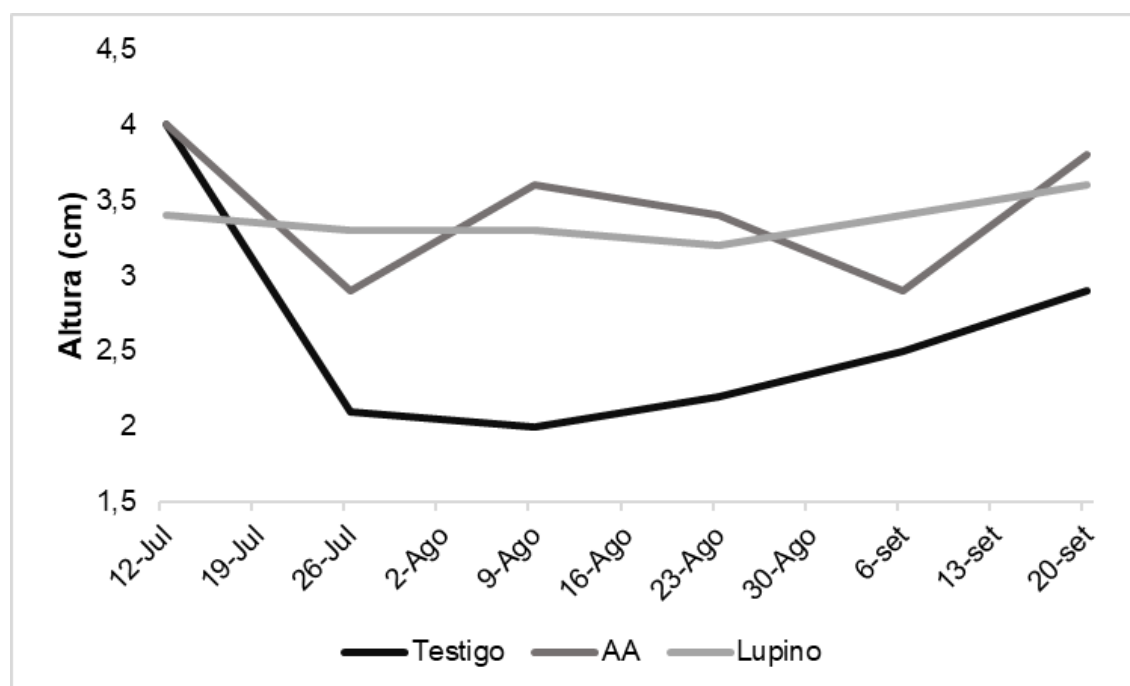


Figura 6

Evolución de la altura por tratamiento durante el periodo experimental



4.2.2. Caracterización química de la pastura

En la Tabla 6 se puede observar la composición química de la pastura que consumieron los animales durante el periodo experimental.

Tabla 6

Composición química de la pastura promedio de cada tratamiento durante el periodo experimental

	Testigo	Afrechillo de arroz	Grano de Lupino
FDA (%)	28,93%	29%	29,26%
PC (%)	8,56%	8,50%	8,36%
DMS (%)	66,40%	66,30%	66,10%
[EM] (Mcal/kg)	2,39	2,39	2,38

En la Tabla 7 se puede observar las características químicas de la pastura donde fue realizado el experimento, los datos presentados son la evolución durante el periodo experimental (semana 3, 6 y 9) promedio de lo obtenido durante todo el periodo experimental.

Tabla 7*Evolución de la composición química de la pastura según tratamiento y semana*

Variable	Testigo	Supl con Lupino	Supl con afrechillo de arroz
Semana 3 (12/7/22)			
FDA (%)	28,3	28,4	28,3
PC (%)	8,6	8,6	8,6
DMS (%)	66,9	66,8	66,8
[EM] (Mcal/kg)	2,41	2,41	2,41
Semana 6 (9/08/22)			
FDA (%)	31	31,4	31,3
PC (%)	8,3	8,1	8,2
DMS (%)	64,8	64,4	64,6
[EM] (Mcal/kg)	2,34	2,33	2,33
Semana 9 (7/9/22)			
FDA (%)	27,5	28	27,4
PC (%)	8,8	8,4	8,7
DMS (%)	67,5	67,1	67,5
[EM] (Mcal/kg)	2,43	2,42	2,44

Nota. Test.= Testigo sin suplementación, Supl.= suplementación con lupino, EE= error estándar, MS= materia seca, FDA= fibra detergente ácido, PC= proteína cruda, 1DMS= digestibilidad de la materia seca (tomada como referencia de la fórmula de Montossi et al. (2000) donde la DMS (%)= $88.9 - (\%FDA \times 0.779)$), 2[EM]= concentración de energía metabolizable (tomada como referencia de la fórmula de Di Marco (2011) donde EM (Mcal/kg)= $3.61 \times (88.9 - \%FDA \times 0.779) / 100$). Medias ajustadas de las variables expresadas en base seca.

4.3. PERFORMANCE ANIMAL

En la Tabla 8 se presenta el efecto de los tratamientos sobre la ganancia diaria y peso vivo al final del invierno.

Tabla 8*Efecto de la suplementación sobre las variables relacionadas a la performance animal*

	Testigo	AA	Lupino	EE	P-valor	P-valor contrastes ortogonales	
						T vs SUPL	LUP vs AA
Peso vivo inicial (kg)	159,5	158,8	156,5	3,24	0,64	0,6425	0,6170
Peso vivo final (kg)	144,2	169,6	181,4	1,1	<0,001	<0,001	<0,001
GMD (kg/animal)	-0,203	0,179	0,309	0,02	<0,01	<0,001	<0,001
Respuesta a la supl. (kg/día)	--	0,382	0,512	--	--	--	--
CMSS (kg/animal/d)	--	1,58	1,10	--	--	--	--
CMSS (% peso vivo)	--	0,99	0,67	--	--	--	--
EC del suplemento	--	4,1	2,2	--	--	--	--

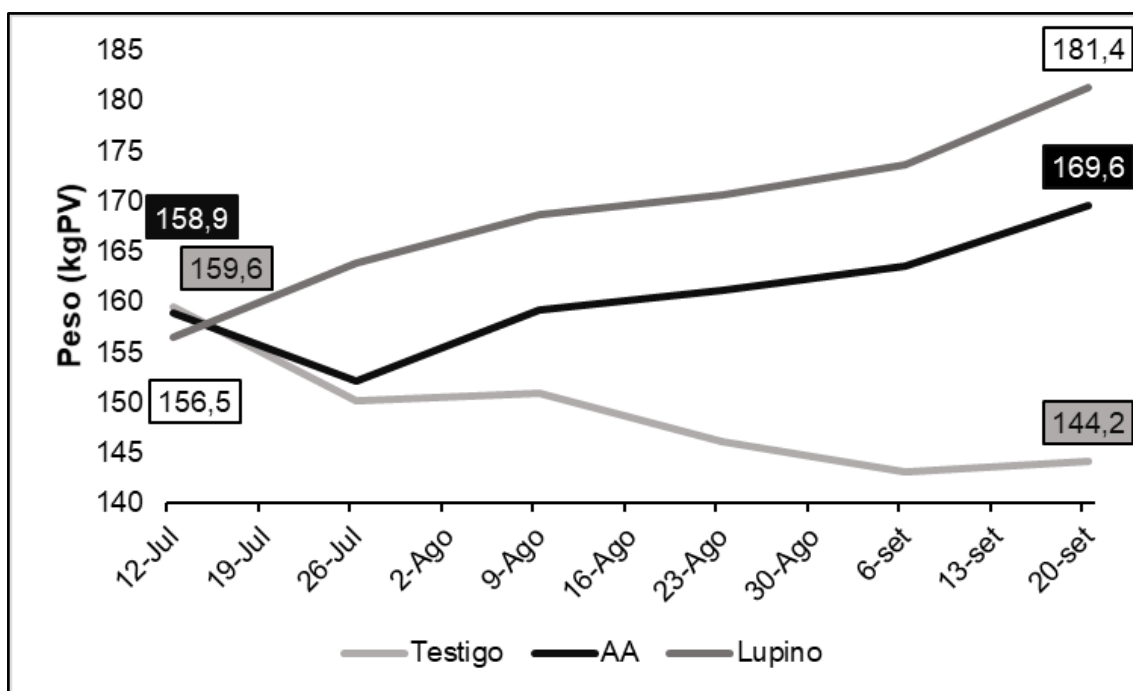
Nota. EE= error estándar, Supl= suplementación, CMSS = consumo de materia seca del suplemento, EC= eficiencia de conversión.

4.3.1. Evolución de peso y ganancia media diaria

Como se puede observar en la Figura 7, el peso vivo en los animales sin suplementación fue disminuyendo a lo largo del experimento, mientras que los animales suplementados presentaron una tendencia lineal positiva, registrándose pesos finales para los animales suplementados significativamente superiores a el testigo (175.5 vs 144.2, $P < 0.01$). Entre los tratamientos suplementados, aquellos que recibieron lupino fueron significativamente más pesados que los que recibieron AA (181.4 vs 169.6, $P < 0.01$).

Figura 7

Evolución de peso vivo de terneros pastoreando campo natural durante invierno, con o sin suplemento



El promedio de respuesta a la suplementación fue 0.44 kg/día, en cuanto al lupino la respuesta fue de 0.51 kg/día, mientras que, el afrechillo respondió en 0.38 kg/día. La ganancia diaria promedio fue de 0.31 ± 0.017 kg/día para lupino y 0.179 ± 0.018 kg/día para afrechillo de arroz, significativamente mayor ($P < 0.01$) a la registrada en el tratamiento testigo, la cual fue de -0.20 ± 0.017 kg/día (ver Anexo B).

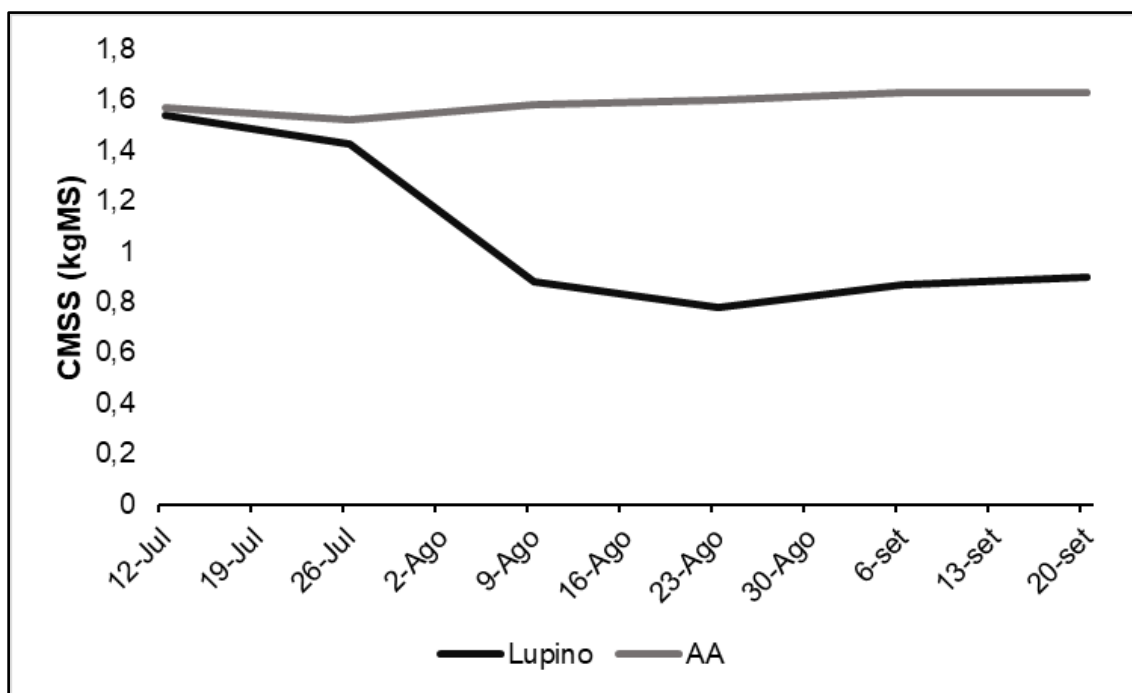
4.3.2. Consumo de suplemento y eficiencia de conversión

El tratamiento suplementado con afrechillo de arroz mostró un consumo promedio de materia seca para todo el periodo superior al observado para lupino (1.58 kg/d vs 1.10 kg/d, $P < 0.05$), y equivalentes a 0.99% del PV y 0.67 % del PV, respectivamente.

En la Figura 8 se puede observar la variación del consumo de suplemento en las semanas del periodo experimental, tanto para lupino como afrechillo.

Figura 8

Variación del consumo de suplemento durante el periodo experimental para el tratamiento lupino y afrechillo



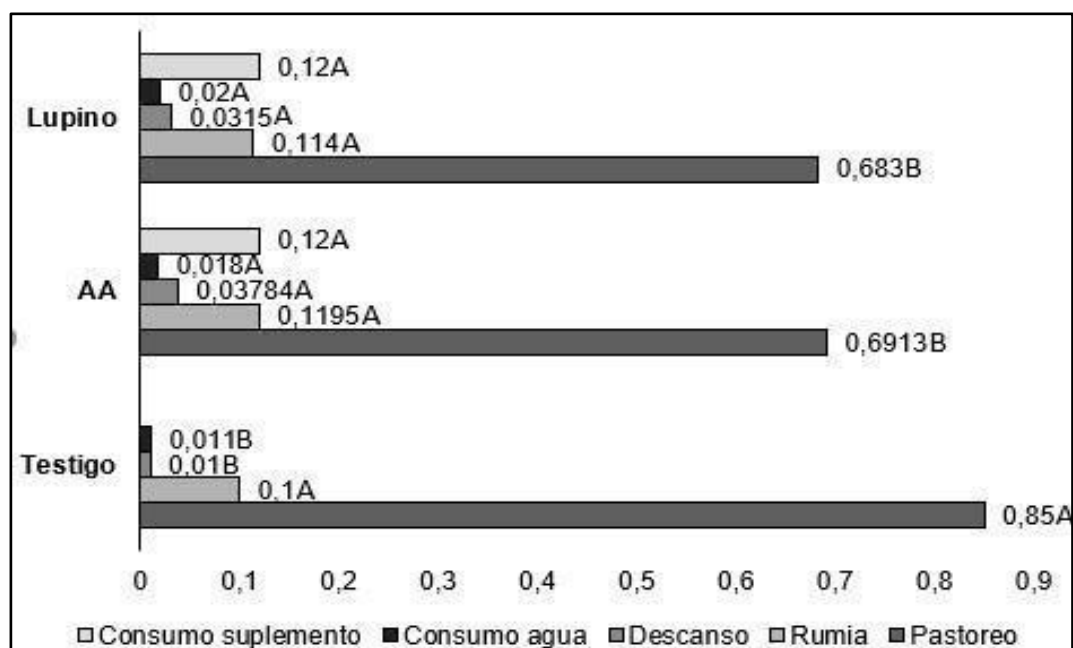
Se observa que el consumo de afrechillo en kilogramo por animal por día fue en aumento leve pero constante a lo largo del experimento, mientras que lupino obtuvo los mayores consumos al inicio y fue cayendo hasta estabilizarse en 0,9 kg/animal/día representando esto el 50% de lo suplementado diariamente, generando un rechazo de 50% aproximadamente. Con los resultados obtenidos en respuesta a la suplementación y el CMSS, la eficiencia de conversión del suplemento para el promedio del periodo experimental fue de 4.1 a 1 para afrechillo, y 2.2 a 1 para lupino, expresado en kg de MS de grano por kg adicional de peso

4.4. COMPORTAMIENTO ANIMAL

En la Figura 9 se presentan los resultados de comportamiento animal, expresados como la probabilidad de ocurrencia de cada actividad durante el periodo de horas luz (7:00 am – 19:00 pm).

Figura 9

Comportamiento animal diario en un día experimental, desde las 7:00 - 19:00



Nota. A, B: letras distintas corresponden a diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre tratamientos para valores de probabilidad de cada actividad.

En la Tabla 9 se presenta el nivel de significancia para las distintas variables de comportamiento ingestivo observadas por tratamiento, semana y la interacción tratamiento por semana (T x S).

Tabla 9

Nivel de significancia de los efectos incluidos en el modelo para las variables de comportamiento

Variable	EFECTO			D (S)
	T	S	T x S	
Pastoreo	<0,01	<0,01	0,208	0,3017
Rumia	0,3373	<0,01	0,4152	0,5335
Descanso	<0,01	<0,01	0,0239	0,0172
Consumo de agua	<0,01	0,7564	0,3051	0,2361
Tasa de bocado (mañana)	<0,01	<0,01	<0,01	0,0121
Tasa de bocado (tarde)	<0,01	<0,01	<0,01	0,0178

Nota. T= tratamiento, S= semana, T x S= interacción tratamiento x semana. D(S)= día dentro de semana.

La actividad de pastoreo efectivo (PE) fue significativamente afectada por la suplementación, registrando el testigo una actividad estadísticamente mayor (93,5%) respecto a Lupino (91,4%) y Afrechillo (90,8%).

En cuanto al pastoreo búsqueda (PB), se observa una diferencia significativa de los tratamientos lupino y afrechillo (8,5% y 9% de probabilidad), frente al testigo (6,4%). En cuanto a la semana, TxS y DxS, no hubo diferencias significativas.

La tasa de bocado del tratamiento testigo fue mayor a la de los tratamientos suplementados (43 ± 0.7 vs 40.5 ± 0.8 , boc/min). A su vez también hubo efecto entre semanas, donde la semana 6 del experimento fue la que mayor tasa de bocados presentó (44.6 ± 0.7), mientras que la semana 3 y 9 presentaron (41.6 ± 0.7 y $41.3 \pm 41.4 \pm 0.9$) respectivamente. También hubo un efecto de tratamiento por semana.

Para la variable rumia, registrada cuando el animal realizaba la actividad parado o echado, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos a lo largo de todo el experimento, ni efecto de la interacción tratamiento por semana, pero si entre semanas.

En relación al consumo de agua, fue mayor en los tratamientos suplementados en comparación al testigo, no hubo diferencias significativas en las semanas, ni en la interacción tratamiento por semana (T X S).

El descanso, parámetro que observaba cuando el animal estaba parado o echado, se reportó como resultado que era más probable encontrar un animal del tratamiento con lupino o afrechillo descansando que un testigo (0.03 vs 0.009 respectivamente). A medida que iba avanzando el experimento el descanso fue en aumento, mientras que la interacción tratamiento por semana no presentó diferencias significativas.

5. DISCUSIÓN

5.1. AMBIENTE PRODUCTIVO

Haciendo referencia a las precipitaciones totales que se registraron durante el periodo experimental, se observó una distribución mensual diferente al promedio histórico, durante el mes de julio las precipitaciones fueron 60% inferior al promedio, mientras que en agosto las precipitaciones fueron cuatro veces mayor a lo esperado y en el último mes de experimento no se registraron precipitaciones. Cabe destacar que semanas previo al comienzo del experimento y semanas después de finalizado se registraron lluvias.

En cuanto a las temperaturas medias registradas durante el experimento, se observó que durante el mes de Julio fueron 20% superiores a la media histórica, mientras que para los meses de agosto y septiembre las temperaturas fueron 3% y 5% inferiores a la media histórica para el mismo periodo. Con relación a las heladas hubo 4 heladas más en el periodo experimental comparado al promedio histórico.

Arias (2018) resalta que el ganado se ve afectado por el clima ya sea directa o indirectamente, debido a que modifica la calidad y/o cantidad de alimentos disponibles, la cantidad de energía consumida, el uso de esta, como también los requerimientos de agua y energía. Concluye también que los animales modifican los mecanismos fisiológicos y su comportamiento para mantener su temperatura corporal dentro de un rango normal, frente a condiciones adversas del clima. Estos cambios se acentúan bajo condiciones extremas de frío o calor, como consecuencia es posible observar alteraciones del consumo de alimento, comportamiento y productividad, pudiéndose generar drásticas reducciones en los índices productivos, como la ganancia de peso vivo.

En cuanto al recurso forrajero, la disponibilidad inicial promedio de los tratamientos fue de 1002 ± 87 kg de MS/ha, con una altura promedio $3,8 \pm 0,2$ cm.

No hubo diferencias significativas entre tratamientos para la disponibilidad forrajera inicial, pero sí se observaron variaciones en el forraje disponible durante las semanas del experimento, siendo la disponibilidad de forraje promedio en cada tratamiento de 740 ± 47 , 856 ± 47 y 912 ± 47 kg de MS/ha para testigo, afrechillo y lupino respectivamente.

En relación a la altura del forraje, si bien no hubo diferencias significativas entre tratamientos al inicio del experimento, a lo largo de todo el periodo si se observaron diferencias significativas, dando como promedio en cada tratamiento $2,6 \pm 0,2$, $3,3 \pm 0,2$ y $3,4 \pm 0,2$ cm de altura para testigo, afrechillo y lupino respectivamente.

Jaurena et al. (2018) resaltan que, en pasturas de basalto, se puede relacionar un centímetro de altura con 250 a 300 kg MS de forraje disponible/hectárea. Berreta, como se cita en Jaurena et al. (2018) afirma que para conservar el CN y obtener buenas ganancias animales en basalto es recomendable mantener una altura de entre 6 y 12 cm. Si comparamos esto con las condiciones antes mencionadas del experimento, se puede comprobar que tanto la disponibilidad de forraje como la altura no alcanzan a cubrir los requisitos mínimos para que los animales logren mantenerse sin la adición de suplementos.

5.2. PERFORMANCE ANIMAL

5.2.1. Efecto de la suplementación sobre mejora de la performance de terneras pastoreando campo natural en invierno

La suplementación invernal mejoró significativamente a la GMD y peso de las terneras a la salida del invierno, confirmando la hipótesis planteada, así como ratificando los resultados reportados por numerosos autores. Según los datos que surgen de la bibliografía nacional, los animales de recría que se encuentran pastoreando campo natural durante la estación invernal sin acceso a suplementación, registran pérdidas de peso (Pigurina et al., 1998; Simeone et al., 2010). Esta respuesta fue la observada para el tratamiento testigo en el presente trabajo, el cual presentó una pérdida de peso de 0,203 kg por día.

Antecedentes recientes (Motta et al., 2022, como se cita en D'Ambrosio Zeballos et al., 2021) muestran que es posible lograr respuestas de suplementación de 469 g/animal/día con una disponibilidad inicial de 1000 kg MS/ha. En el presente experimento se obtuvo una respuesta de 512 g/animal/día para Lupino y 382 g/animal/día para Afrechillo. Esto puede deberse a la diferencia en la carga, evolución de la producción de forraje, y la calidad del mismo.

Rovira (1996) demostró que es posible lograr un mantenimiento de peso vivo, cuando la digestibilidad del forraje se encuentra en torno a 50-55%. En este trabajo la digestibilidad no fue una limitante, ya que promedió en 63,46%, pudiéndose deber las pérdidas de peso del tratamiento testigo a la baja disponibilidad de forraje y condiciones climáticas del año que habrían afectado el consumo de materia seca.

Adicionalmente, el dato de %PC fue de 8%, el cual es un nivel sustancialmente inferior a los esperables para campo natural de Basalto en el período invernal, tal como lo reportan los siguientes autores: Bologna (1997) 11%, San Julián et al. (1998) de 8.3 a 8.9%, Montossi et al. (2000) 11.5%, Blasina Máspoli et al. (2010) 11.3%. Esto puede estar explicando la diferencia de 43 g/animal/día en cuanto a respuesta a la suplementación, y la diferencia de 0,78 kg MS/kg obtenido en cuanto a eficiencia de conversión de este experimento frente al publicado por Motta et al. (2022) como se cita en D'Ambrosio Zeballos et al. (2021).

Los animales suplementados presentaron una ganancia de peso positiva, y una superioridad promedio entre los dos tratamientos de 0,447 kg/día frente al testigo. Este resultado se alinea con los antecedentes reportados por muchos investigadores, los cuales indican que cuando se le brinda un alimento con mejores características que el campo natural a un animal, este logrará un mejor desempeño productivo (Beretta & Simeone, 2008; Cazzuli & Montossi, 2017; Lagomarsino et al., 2014; Luzardo et al., 2012; Pigurina, 1993; Quintans & Vaz Martins, 1994; Quintans et al., 1993). Dicha respuesta a la suplementación estaría explicada por un aumento en el consumo total de materia seca, de energía y proteína por parte de los animales suplementados respecto a los testigos (Cangiano, 1996).

5.2.2. La magnitud de la respuesta a la suplementación varía con el tipo de suplemento

La respuesta a la suplementación en términos de crecimiento fue diferente según el tipo de suplemento, registrándose un aumento en la GMD respecto al testigo de 382 g/d para Afrechillo de arroz y 512 g/d para grano de lupino, una superioridad de 34% para este último. Quintans et al. (1994) presentaron un trabajo donde suministrando afrechillo de arroz al 1% se obtenían ganancias aproximadas a 200 gramos/animal/día. Este resultado, se repite en

este trabajo. Existen pocos antecedentes en cuanto a la suplementación con grano de lupino. No obstante, la respuesta en GMD obtenida en el presente trabajo cuando se suplementó con lupino (0,51 kg/ animal/día) es consistente con los resultados reportados de Motta et al. (2021) como se cita en D'Ambrosio Zeballos et al. (2021), para terneros suplementados al destete con grano de lupino, a razón del 1%PV en campos de Basalto (0,466 kg/animal/ día).

La diferencia en performance animal entre los suplementos, puede deberse a la diferencia en calidad de los mismos. En el caso del afrechillo de arroz, estamos hablando de un alimento que tiene 13,7 %PC (Cuadro N°3), y un promedio de 2.6 Mcal EM/kg MS (Gayo Ortiz, 2007), mientras que el grano de lupino tiene 37 %PC (Cuadro N°3) y 3 Mcal EM/kg MS (FEDNA, 2018, como se cita en D'Ambrosio Zeballos et al., 2021). Hablamos de una diferencia de 23,3 %PB y 0,4 Mcal EM/kgMS, por lo tanto, es lógico esperar que diferencias en performance animal; en este caso, se observaron diferencias de 0,13 kg/día de ganancia de peso.

Analizando la eficiencia de conversión (EC) de los suplementos, se puede saber cuál cubre de mejor manera los nutrientes necesarios por los animales ya que se necesita menos cantidad para el mismo resultado. En el caso del afrechillo de arroz, consumiendo 1,58 kg/día (0,99 %PV), obtuvieron una ganancia de 0,179 kg/día, dando como resultado una EC de 4,1 a 1, similar a lo que reportaron Quintans et al. (1993). Mientras que, con grano de lupino, consumiendo 1,1 kg/día (0,67 %PV), obtuvieron ganancias de 0,309 kg/día, por lo tanto una EC de 2,2 a 1, resultado un poco mejor que lo reportado por Motta et al. (2022) como se cita en D'Ambrosio Zeballos et al. (2021) que obtuvieron 2,9 a 1 de EC.

Dicha mejora en la EC, pudo haberse dado también por un menor consumo de suplemento de parte de los animales de este experimento frente a los del experimento de Motta et al. (2022) como se cita en D'Ambrosio Zeballos et al. (2021), los cuales consumieron 1,402 kg/día (0,912%PV).

Finalmente, con toda la información obtenida, en conjunto con la bibliografía recabada, se pueden aceptar las dos hipótesis planteadas. Hay un efecto positivo de suplementar terneras pastoreando campo natural en invierno, y ese efecto está determinado por el tipo de suplemento que se proporcione al animal. A su vez, las principales variables que determinan la performance animal son: las condiciones climáticas del año, la cantidad y calidad del forraje y la cantidad y calidad del suplemento.

5.3. COMPORTAMIENTO INGESTIVO

En cuanto a la actividad de pastoreo, tanto efectivo como búsqueda, hubo diferencias entre tratamientos, pero no entre semanas ni en la interacción TxS. El pastoreo representa en torno al 85% del tiempo en animales testigo, mientras que para afrechillo y lupino representa 69 y 68% respectivamente (16,5% menos que el testigo), durante el periodo en que se observaba el comportamiento. Dicha observación del comportamiento diario duraba 12 horas de registro, dentro de las cuales los animales testigo dedicaron más tiempo (10 horas) que los animales suplementados (8.2 horas). Es bastante razonable esperar estos resultados, ya que las terneras testigo tenían como única fuente de alimento el forraje, mientras que los animales suplementados tenían acceso a un concentrado, el cual le permitió cubrir sus requerimientos antes, pudiendo disminuir el tiempo de pastoreo. Además, las terneras del tratamiento testigo, podrían incluso haber aumentado sus costos energéticos dado el mayor tiempo que necesitaron para buscar y consumir el forraje. Adams (1985) reporta que la suplementación con grano disminuye el tiempo de pastoreo, debido a que los

animales tienen un aporte extra de energía llegando a cubrir antes sus requerimientos. Campos et al. (2002) presentó datos de pastoreo de 7.4 horas por animal por día en terneras suplementadas con afrechillo de arroz.

Por otro lado, si se aísla únicamente el pastoreo búsqueda, se observa que los animales de los tratamientos suplementados con afrechillo y lupino, permanecían más tiempo buscando el alimento; esto puede deberse a que no sentían tanta necesidad de consumo y por lo tanto se permitían una mayor selección de buen forraje.

Con respecto a la rumia, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos para la actividad de rumia la cual representó un 1.4 horas para testigo y 1.3 horas para lupino y afrechillo, esto equivale aproximadamente a 11% y 12% respectivamente del comportamiento observado.

En cuanto al descanso, este sí presentó diferencias significativas, siendo mayor en los tratamientos suplementados (los cuales no difirieron), presentando 4% del tiempo observado (27 minutos), mientras que las terneras testigo descansaron 12 minutos (0.0097%) del tiempo observado. Para la actividad de descanso también era esperable diferencias entre los tratamientos que se suplementan y el testigo, dado que los suplementados presentaban una dieta con mayor concentración de nutrientes. Campos et al. (2002) afirma que el patrón de pastoreo de animales se ve modificado en sistemas ganaderos que utilizan suplementos, viéndose reflejado en un menor tiempo de pastoreo diario, generando como consecuencia un aumento en el tiempo dedicado al descanso, y asegura que este comportamiento no afecta negativamente a la ganancia de peso de animales.

Beretta y Bruni, como se cita en Lapetina (2010), demostraron que hay una relación directa entre el consumo de agua, el consumo de alimento y el contenido de materia seca del mismo. Por lo tanto, era de esperarse la situación ocurrida en el experimento, donde el consumo de agua fue significativamente mayor en los animales bajo suplementación comparado al testigo solo a base de forraje (24 y 21 minutos/día para lupino y afrechillo vs 13 minutos/día para testigo, respectivamente).

En cuanto al consumo de suplemento, los animales suplementados con afrechillo consumían más rápido pero no hubo diferencias significativas entre estos y lupino con relación al tiempo consumiendo el alimento, ambos estaban alrededor de un 12% de las actividades diurnas del animal, lo que representa 86 minutos dedicados al consumo de suplemento. Campos et al. (2002) reportaron tiempos de 39 minutos, siendo este un valor más bajo al observado en el experimento.

En resumen, la suplementación con un concentrado al 1% del PV, disminuyó el tiempo de búsqueda y consumo de forraje, disminuyó el consumo total de forraje, aumentó el tiempo destinado al descanso y aumentó el consumo de agua. La mejora en todas estas variables, pudo haber contribuido a una mejora en la eficiencia de conversión, ya que el animal consumió una dieta más balanceada, con más energía y proteína; y a su vez se pudo haber reducido sus requerimientos (en términos relativos) de mantenimiento, asociado al menor gasto energético de cosecha. Aunque en términos absolutos, los mismos aumentan dado el aumento de PV.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se confirma la hipótesis planteada, donde se demuestra que terneras de destete manejadas sobre campo natural suplementadas en el invierno con alimentos no almidonosos (grano de lupino o afrechillo de arroz) incrementa la ganancia de peso vivo y modifica el comportamiento ingestivo respecto al testigo sin suplementación. La respuesta varío en función del tipo de suplemento.

La suplementación diaria de grano de lupino a razón de 0.67% del peso vivo, genera una ganancia media diaria de 0.30 kg/animal, con una eficiencia de conversión 2.2 a 1 kg de materia seca de suplemento por kg de peso vivo adicional. Mientras que terneras consumiendo afrechillo de arroz a razón de 0.99% del peso vivo, genera una ganancia media diaria de 0.18 kg/animal, con una eficiencia de conversión de 4.1 a 1. La ganancia diaria de las terneras testigos fue de -0.20 kg/animal. Por lo tanto, la respuesta a la suplementación fue de 0.51 kg/animal/día para grano de lupino y 0.38 kg/animal/día para afrechillo de arroz.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, E. M., Ganopoulos, I., Madesis, P., Mavromatis, A., Mylona, P., Nianiou-Obeidat, I., Parissi, Z., Polidoros, A., Tani, E., & Vlachostergios, D. (2019). The use of lupin as a source of protein in animal feeding: Genomic tools and breeding approaches. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(4), Artículo e851. <https://doi.org/10.3390/ijms20040851>
- Acosta Lagaxio, A., Simeone Beretta, P., & Ubilla Rodríguez, 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.
- Adams, D. C. (1985). Effect of time of supplementation on performance, forage intake and grazing behavior of yearling beef steers grazing russian wild ryegrass in the fall. *Journal of Animal Science*, 61(5), 1037-1042. <https://doi.org/10.2527/jas1985.6151037x>
- Allison, C. D. (1985). Factors affecting forage intake by range ruminants: A review. *Journal of Range Management*, 38(4), 305-311. <http://hdl.handle.net/10150/645491>
- Amaya García, J., & Rivas de los Santos, N. (2012). *Recría de terneras Hereford en silvopastoreo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/9762/1/3771ama.pdf>
- Arias, R. (2018, 10 de julio). *Ganado bovino: Cómo enfrentar adecuadamente el invierno*. Engormix. https://www.engormix.com/ganaderia/manejo-ganaderia-clima-frio/ganado-bovino-como-enfrentar_a42471/
- Baldi, F., Mieres, J., & Banchemo, G. (2008). *Suplementación en invernada intensiva: “La suplementación sigue siendo una alternativa económicamente viable”*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/26-suplementacion.pdf
- Bavera, G., Bocco, O., Beguet, H., & Petryna, A. (2005). *Crecimiento, desarrollo y precocidad*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/exterior/05-crecimiento_desarrollo_y_precocidad.pdf
- Belyea, R., Eckhoff, S., Wallig, M., & Tumbleson, M. (1998). Variability in the nutritional quality of distillers solubles. *Bioresource Technology*, 66(3), 207-212. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(98\)00062-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(98)00062-5)
- Beretta, V., & Simeone, Á. (2008). Autoconsumo en la alimentación de terneros. En Á. Simeone & V. Beretta (Eds.), *Décima 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, Á., Arduin, E., Rebollo, C., & Purtscher, S. (2017). Evaluación del DDGS de sorgo para la suplementación estival en pastoreo de terneros destetados precozmente: Impacto sobre el costo de alimentación. En Á. Simeone & V. Beretta (Eds.), *19ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne. Hablan los protagonistas: Productores, industriales e investigadores* (pp. 18-25). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2017.pdf>

- Bergós Cremona, A. I., & Errandonea Algorta, J. C. (2020). *Alternativas de suplementación en terneras de recría pastoreando verdeos de invierno* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29124/1/Berg%c3%b3sCremonaAnaln%c3%a9s.pdf>
- Berretta, E. J. (1998). Principales características climáticas y edáficas de la región de Basalto en Uruguay. En E. J. Beretta (Ed.), *Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto* (pp. 3-10). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7789/1/ST-102-3-10.pdf>
- Berretta, E. J., & Cadenazzi, M. (1985). Comparación de distintos métodos para evaluar pasturas naturales. En Facultad de Agronomía (Ed.), *Primer Seminario Nacional sobre Campo Natural: Resúmenes* (p. 6). Universidad de la República.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7283/1/Berretta-1985.pdf>
- Beyer, H., Schmalenberg, A. K., Jansen, G., Jürgens, H. U., Uptmoor, R., Broer, I., Huckauf, J., Dietrich, R., Michel, V., Zenk, A., & Ordon, F. (2015). Evaluation of variability, heritability and environmental stability of seed quality and yield parameters of *L. angustifolius*. *Field Crops Research*, 174, 40-47.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.12.009>
- Blagrove, R. J., & Gillespie, J. M. (1975). Isolation, purification and characterization of the seed globulins of *Lupinus angustifolius*. *Australian Journal of Plant Physiology*, 2(1), 13-27. <https://doi.org/10.1071/PP9750013>
- Blasina Máspoli, M., Piñeyrúa Belo, A., & Renau Risso, M. (2010). *Evaluación del sistema de autoconsumo para la suplementación invernal de terneras sobre pasturas naturales* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23524/1/BlasinaM%c3%a1spoliMart%c3%adn%20Pi%c3%b1eyr%c3%baaBeloAgust%c3%adn%20RenauRissoMart%c3%adn.pdf.pdf>
- Bologna, J. (1997). Los recursos naturales de la región de basalto superficial: Limitantes y oportunidades. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Foro sobre basalto superficial* (pp. 7-33).
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7296/1/PRIMER-FORO-SOBRE-BASALTO-SUPERFICIAL-AGOSTO-1997-2.pdf>
- Brito, G., Del Campo, M., Pittaluga, O., & Soares de Lima, J. M. (2005). Una mejor recría para una mayor eficiencia en la producción de carne. *Revista INIA*, (3), 8-11.
<http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/revista/2005/106.pdf>
- Brito, G., & Fiol, C. (2006). Manejo de la recría vacuna en areniscas. En M. Bemhaja & O. Pittaluga (Eds.), *30 años de investigación en suelos de areniscas INIA Tacuarembó* (pp. 121-133). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3008/1/18429250309101451.pdf>
- Campos, F., Terra, G., Santamarina, I., & Pigurina, G. (2002). Comparación entre el afrechillo de arroz y una formulación comercial como suplementos para terneras de destete pastoreando campo natural durante el invierno. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada Anual de Producción Animal: Resultados experimentales* (pp. 42-56). <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4116/1/ad-294.pdf;sad#page=47>

- Cangiano, C. A. (1996). Las pasturas como fuente de alimentación de rumiantes. En C. A. Cangiano (Ed.), *Producción animal en pastoreo* (pp. 27-39). INIA.
- Castro González, G., & Ferrés Devotto, J. M. (2021). *Suplementación invernal con fuentes energética-proteicas en régimen de autoconsumo a terneros de destete pastoreando campo natural sobre Basalto profundo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/40663/1/CastroGonz%c3%a1lezGast%c3%b3n.pdf>
- Cazzuli, F., & Montossi, F. (2017). Antecedentes de investigación en auto-suministro y suplementación sobre campo natural. En F. Montossi (Ed.), *Sistemas de suplementación mediante auto-suministro para la mejora de la recría invernal de terneros sobre campo natural en el norte del Uruguay* (pp. 5-17). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8077/1/st-234-2017.-p.5-17.pdf>
- Cibils, R., Vaz Martins, D., & Risso, D. (1997). ¿Qué es suplementar? En D. Vaz Martins (Ed.), *Suplementación estratégica para el engorde de ganado* (pp. 7-10). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2989/1/15630291007152242.pdf>
- Cozzolino, D. (1994). Valor nutritivo de alimentos utilizados en la suplementación. En G. Quintans & G. Pigurina (Coords.), *Bovinos para carne: Avances en suplementación de la recría e internada intensiva* (pp. 3-1-3-5). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15564/1/Ad-34-p.3.1-3.5.pdf>
- D'Ambrosio Zeballos, B. M., Motta Rechac, M. M., & Pedetti Roig, J. (2021). Efecto de la suplementación invernal con grano de lupino sobre la performance de terneros Hereford pastoreando campo natural [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/40670/1/D%e2%80%9999AmbrosioZeballosBruno.pdf>
- Di Marco, O. N. (1993). *Crecimiento y respuesta animal*. Balcarce.
- Di Marco, O. N. (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
- Di Marco, O. N. (2011). *Estimación de calidad de los forrajes*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.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>
- Dixon, R. M., & Stockdale C. R. (1999). Associative effects between forages and grains: Consequences for feed utilization. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50(5), 757-774. <https://doi.org/10.1071/AR98165>
- Echeverría, J., Rovira, P., & Montossi, F. (2014). Manejo de la alimentación invernal de la recría bovina sobre campo natural. *Revista INIA*, (37), 14-18.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3254/1/Revista-INIA-37-p.-14-pdf.pdf>
- Edwards, A. C., & Van Barneveld, R. J. (1998). Lupins for livestock and fish. En J. S. Gladstones, C. Atkins, & J. Hamblin (Eds.), *Lupins as crop plants: Biology, production, and utilization* (pp. 385-410). CAB International.

- Gayo Ortiz, J. (2007). Los subproductos del arroz en la alimentación del ganado. *Revista del Plan Agropecuario*, (123), 30-31.
https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R123/R123_30.pdf
- Google Earth. (2024). [Área experimental unidad Itapebí Tres Arboles. Mapa]. Recuperado el 20 de agosto de 2024 de
https://earth.google.com/web/search/31%C2%B029%2737%22S+57%C2%B019%2723%22W/@-31.50009765,-57.3954698,111.06536304a,61869.30619254d,35y,-0h,0t,0r/data=CI8aMRlrGU1xC0xdfj_AIRNlyuJZqUzAKhczMcKwMjknMzciUyA1N8KwMTknMjMiVxgCIAEiJgokCR4dtd1fft_AEe6f75s2fz_AGQrk-zEWqEzAlbH_vGN3qkzAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP_wEQAA
- Haydock, K. P., & Shaw, N. H. (1975). Correction: The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15(76), 663-670. <https://doi.org/10.1071/EA9750663c>
- Hess, B. W., Lak, S. L., Scholljegerdes, E. J., Weston, T. R., Nayigihugu, V., Molle, J. D. C., & Moss, G. E. (2005). Nutritional controls of beef cow reproduction. *Journal of Animal Science*, 83(suppl. 13), E90-E106. https://doi.org/10.2527/2005.8313_supplE90x
- Huyghe, C. (1997). White lupin (*Lupinus albus* L.). *Field Crops Research*, 53(1-3), 147-160. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00028-2)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (s.f.). *Banco de datos agroclimáticos*.
<https://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico/>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2024). *Variables agroclimáticas INIA*.
<https://www.inia.uy/gras/Clima/Variables-clim%C3%A1ticas-INIA>
- Jaurena, M., Porcile, V., Baptista, R., Carriquiry, E., & Díaz, S. (2018). La regla verde: Una herramienta para el manejo del campo natural. *Revista INIA*, (54), 24-27.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11316/1/revista-INIA-54-setiembre-2018-p.24-27.pdf>
- Lagomarsino, X., & Brito, G. (2014). Efecto de la suplementación con subproductos industriales sobre campo natural de Basalto en la recría de novillos de sobreño y su posterior terminación. En E. J. Berretta, F. Montossi, & G. Brito (Eds.), *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto* (pp. 169-182). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3925/1/ST-217P169-182.pdf>
- Lagomarsino, X., Luzardo, S., & Montossi, F. (2014). ¿Cómo producir terneros con más de 300 kg con edades menores a los 15 meses en sistemas ganaderos de Basalto?: Efecto de la suplementación infrecuente en la recría invernal de terneros Hereford en Basalto. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Seminario de Actualización Técnica: Estrategias de intensificación ganadera* (pp. 33-38).
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3382/1/ad-734.pdf>
- Lange, A. A. (1980). *Suplementación de pasturas para la producción de carnes* (2ª ed.). INTERCREA.
- Lapetina, J. (2010). *El agua y la ganadería*. Hemisferio Sur.

- Legorburu Cuevasanta, G., & Victorica Zorrilla de San Martín, M. (2019). *Efecto de la suplementación con bloques energético-proteicos y granos de destilería sobre la performance de terneras cruza pastoreando campo natural en invierno* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29571/1/LegorburuCuevasantaGonzalo.pdf>
- Linn, J. G., Harty, S. R., & Cassady, J. M. (1998). Use of distillers grains and co-products in ruminant diets. En University of Minnesota (Ed.), *59th Minnesota Nutrition Conference & IPC Technical Symposium* (pp. 147-157). <https://hdl.handle.net/11299/172311>
- Luzardo, S., Montossi, F., & Brito, G. (2010). La necesidad de la suplementación invernal sobre campo natural en la recría bovina. *Revista INIA*, (22), 11-15. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2164/1/14432220710124329.pdf>
- Luzardo, S., Montossi, F., & Lagomarsino, X. (2012). Uso de la suplementación en recría sobre campo natural. *Revista INIA*, (28), 8-12. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6452/1/Rev.INIA-Mzo.2012-No.28-p.8-12.pdf>
- Mac Loughlin, R. J. (2009). *Tablas de requerimientos de nutrientes para recría y engorde de bovinos*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/17-TABLAS.pdf
- Mejía Haro, J. (2002). Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria*, 12(3), 56-63. <https://www.redalyc.org/pdf/416/41612204.pdf>
- Mera, M. (Ed.) (2016). *Lupino dulce y amargo producción en Chile*. INIA.
- Mieres J. M. (1997). Relaciones planta animal suplemento. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Suplementación estratégica de la cría y recría ovina y vacuna* (pp. 1-4). <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2250/1/14432160309145515.pdf>
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (s.f.). *Descripción de grupos de suelos CONEAT*. https://vieragro.com.uy/wp-content/uploads/2019/05/descripcion_de_grupos_de_suelos_coneat-1.pdf
- Mohamed, A. A., & Rayas-Duarte, P. (1995). Composition of *Lupinus albus*. *Cereal Chemistry*, 72(6), 643-647. https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/72_643.pdf
- Montossi, F., Pigurina, G., Santamarina, I., & Berretta, E. J. (2000). *Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: Teoría y práctica*. INIA.
- Montossi, F., Soares de Lima, J., Brito, G., & Berretta, E. J. (2014). Impacto en lo productivo y económico de las diferentes orientaciones productivas y tecnologías propuestas para la región de Basalto. En E. J. Berretta, F. Montossi, & G. Brito (Eds.), *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto* (pp. 557-568). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4259/1/ST-217P557-568pdf.pdf>
- Nalle, C. L., Ravindran, V., & Ravindran, G. (2012). Nutritional value of white lupins (*Lupinus albus*) for broilers: Apparent metabolisable energy, apparent ileal amino acid digestibility and production performance. *Animal*, 6(4), 579-585. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001686>

- National Research Council. (1987). *Predicting feed intake of food-producing animals*. National Academy Press. <https://www.nap.edu/read/950/chapter/7>
- National Research Council. (2000). *Nutrient requirements of beef cattle* (7th ed.). National Academy Science.
- Office of the Gene Technology Regulator. (2013). *The biology of Lupinus L. (Lupin or Lupine)*. https://www.ogtr.gov.au/sites/default/files/files/2021-07/the_biology_of_lupins.pdf
- Oyhenard, A. (2024, 18 de febrero). *El lupino, el cultivo que gana espacio para carne y leche en Uruguay*. Tardáguila Agromercados. <https://tardaguila.uy/agricultura/el-lupino-el-cultivo-que-gana-espacio-para-carne-y-leche-en-uruguay>
- Petterson, D. S. (1998). Composition and food uses of lupins. En J. S. Gladstones, C. Atkins & J. Hamblin (Eds.), *Lupins as crop plants: Biology, production, and utilization* (pp. 353-384). CAB International.
- Petterson, D. S. (2000). The use of Lupins in feeding systems. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 13(6), 861-882. <https://www.animbiosci.org/upload/pdf/13-119.pdf>
- Petterson, D. S., Sipsas, S., & Mackintosh, J. B. (1997). *The chemical composition and nutritive value of Australian pulses* (2nd ed.). Grains Research and Development Corporation.
- Pigurina, G. (1993). Aspectos nutricionales de suplementación de terneros en condiciones de pastoreo. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada de Campo Natural: Estrategia invernal, manejo y suplementación* (pp. 29-34).
- Pigurina, G., Brito, G., Pittaluga, O., Scaglia, G., Risso, D., & Berretta, E. J. (1997). Suplementación de la recría en vacunos. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada sobre Suplementación Estratégica de la Cría y Recría Ovina y Vacuna* (pp. 1-6).
- Pigurina, G., Brito, G., Pittaluga, O., Scaglia, G., Risso, D. F., & Berretta, E. J. (1998). Alimentación de la recría en vacunos. *El País Agropecuario*, 4(40), 23-26. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10376/1/40-40.pdf>
- Pordomingo, A. J. (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. (1994). *La suplementación como herramienta nutricional en el manejo de un rodeo de cría*. INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7949/1/ad-734-p.1-5.pdf>
- Quintans, G., & Pigurina, G. (1994). Alimentación invernal de la recría: Introducción. En G. Quintans & G. Pigurina (Coords.), *Bovinos para carne: Avances en suplementación de la recría e invernada intensiva* (pp. 2.1-2.2). INIA.
- Quintans, G., & Vaz Martins, D. (1994). Efecto de diferentes fuentes de suplementos sobre el comportamiento de terneras. En G. Quintans & G. Pigurina (Coords.), *Bovinos para carne: Avances en suplementación de la recría e invernada intensiva* (pp. 2-8-2-12). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15560/1/Ad-34-p.2.8-2.12.pdf>

- Quintans, G., Vaz Martins, D., & Carriquiry, E. (1993). Efecto de la suplementación invernala sobre el comportamiento de terneras. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada de Campo Natural: Estrategia invernala, manejo y suplementación* (pp. 35-53).
- Quintans, G., Vaz Martins, D., & Carriquiry, E. (1994). Alternativas de suplementación de vaquillonas. En G. Quintans & G. Pigurina (Coords.), *Bovinos para carne: Avances en suplementación de la recría e invernada intensiva* (pp. 2.-2.6). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15559/1/Ad-34-p.2.1-2.6.pdf>
- Rearte, D. H. (1994). Digestión y metabolismo en vacas lecheras sobre pasturas templadas de alta calidad. En M. Dubra & H. Montauban (Eds.), *XXII Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 86-96). Centro Médico Veterinario Paysandú.
https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/898/JB1994_86-96.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reid, R. L. (1994). Milestones in forage research (1969-1994). En G. C. Fahey (Ed.), *Forage quality, evaluation and utilization* (pp. 1-58). American Society of Agronomy.
<https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c1>
- Risso, D. F. (1997). Producción de carne sobre pastura. En D. Vaz Martins (Ed.), *Suplementación estratégica para el engorde de ganado* (pp. 1-6). INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2989/1/15630291007152242.pdf>
- Risso, D. F., Pittaluga, O., & Berretta, E. J. (s.f.). *Recría y engorde de novillos jóvenes en campo natural y mejorado de basalto*. INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/9426/1/SAD-37p20-22.pdf>
- Rojas, C., & Catrileo, A. (1992). Suplementos proteicos y ensilaje de maíz en raciones para engorda de novillos Hereford. En Asociación Chilena del Lupino (Ed.), *Primera Conferencia Nacional del Lupino: 14-15 de mayo de 1992* (pp. 133-141).
- Rojas, C., & Catrileo, A. (1998). Grano de lupino blanco (*Lupinus albus*) y australiano (*Lupinus angustifolius*) entero o chancado, en la engorda invernala de novillos. *Agro Sur*, 26(2), 70-77. <https://doi.org/10.4206/agrosur.1998.v26n2-08>
- Rosengurtt, B. (1979). *Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay*. Universidad de la República.
- Rovira, J. (1996). *Manejo nutritivo de los rodeos de cría*. Hemisferio Sur.
- Rovira, J. (2014). Intensificando la suplementación de bovinos en pastoreo. *Revista INIA*, (36), 7-11. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3521/1/revista-INIA-36-Rovira.pdf>
- San Julián, R., Montossi, F., Berretta, E. J., Levratto, J., Zamit, W., & Ríos, M. (1998). Alternativas de alimentación y manejo invernala de la recría ovina en la región de basalto. En E. J. Berretta (Ed.), *Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto* (pp. 209-227). INIA.
- Santini, F. J. (2014). *Conceptos básicos de la nutrición de rumiantes*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/137-Curso_Nutricion_aplicada.pdf

- Schingoethe, D. J. (2007 30-31 de enero). *Strategies, benefits, and challenges of feeding ethanol byproducts to dairy and beef cattle* [Contribución]. Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville.
<https://animal.ifas.ufl.edu/apps/dairymedia/rns/2007/Schingoethe.pdf>
- Simeone, Á., & Beretta, V. (2009). Reformulando la ganadería en Uruguay: ¿Cómo se va a criar y engordar el ganado en los tiempos venideros? En Á. Simeone & V. Beretta (Eds.), *Décima Primera Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne. Reformulando la ganadería en Uruguay: ¿Cómo se va a criar y engordar el ganado en los tiempos venideros?* (pp. 12-19). UPIC.
<http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2009.pdf>
- Simeone, Á., Beretta, V., & Beriau, M. E. (2010). La alimentación a corral y la ganadería a pasto: Una propuesta de integración para analizar la posibilidad “ganar-ganar” en el negocio ganadero. En Á. Simeone & V. Beretta (Eds.), *Décima Segunda Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne. Ganadería a pasto, feedlot e industria frigorífica: ¿Es posible una integración de tipo “ganar-ganar” en la cadena de la carne?* (pp. 12-21). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2010.pdf>
- Soto Silva, C., & Reinoso Ortiz, V. (2007). Suplementación proteica en ganado de carne. *Veterinaria (Montevideo)*, 42(167), 27-34.
<https://www.revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/316/197>
- Tarazona, A. M., Ceballos, M. C., Naranjo, J. F., & Cuartas, C. A. (2012). Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, (25), 473-487.
https://www.researchgate.net/publication/265963816_Factores_que_afectan_el_comportamiento_de_consumo_y_selectividad_de_forrajes_en_bovinos_en_pastoreo
- Tieri, M. P., La Manna, A., Fernández, E., Mieres, J., Schröder, F., Pérez, E., Baldi, F., & Banchemo, G. (2010). *Efecto de diferentes niveles de proteína y sustitución de proteína verdadera por nitrógeno no proteico (urea) en la performance y desarrollo de terneros cruza Hereford X Angus y su impacto posterior en la cría*. INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11871/1/SAD-609P23-26.pdf>
- Underwood, E. (1971). *Trace elements in human and animal nutrition* (4th ed.). Academic Press.
- Ustarroz, E., & De León, M. (1999). *Utilización de pasturas y suplementación con granos en invernada*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/77-pasturas_y_suplementacion_en_invernada.pdf
- Van Barneveld, R. J. (1999). Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Reviews*, 12(2), 203-230. <https://doi.org/10.1079/095442299108728938>
- Velazco, J. I. (2009). Suplementación estratégica de la cría bovina sobre campo. *Revista INIA*, (18), 6-9.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2152/1/14432210710133355.pdf>
- Veneciano, J. H., & Frasinelli, C. A. (2014). *Cría y cría de bovinos*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/177-TextoCriaRecria.pdf

- White, C. L., & Staines, V. E. (2007). A review of the nutritional value of lupins for dairy cows. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58(3), 185-202.
https://www.researchgate.net/publication/248897271_A_review_of_the_nutritional_value_of_lupins_for_dairy_cows
- Wolko, B., Clements, J. C., Naganowska, B., Nelson, M. N., & Yang, H. A. (2011). Lupinus. En C. Kole (Ed.), *Wild crop relatives: Genomic and breeding resources* (pp. 153-206). Springer.

ANEXOS

Anexo A

Evolución de la composición química de la pastura a lo largo del periodo experimental

Identificación de la muestra	Análisis				
	MS%	C %	PC %	aFDNmo%	FDAmo %
Escala 1 10/8	91.44	8.81	8.43	59.70	30.59
Escala 1 12/7	---	10.31	8.69	58.60	28.14
Escala 1 7/9	90.86	10.66	9.02	57.41	26.79
Escala 2 10/8	---	9.27	8.00	64.21	30.87
Escala 2 12/7	91.59	9.37	7.89	59.58	28.42
Escala 2 7/9	92.39	8.64	7.40	64.23	29.39
Escala 3 10/8	---	8.71	---	69.31	32.90
Escala 3 12/7	---	8.42	8.11	69.04	29.40
Escala 3 7/9	91.57	8.90	8.22	62.26	28.49
Escala 4 10/8	91.94	7.00	8.47	69.59	38.45
Escala 4 12/7	---	5.56	6.90	73.62	39.18
Escala 4 12/7	92.09	6.43	8.03	68.25	34.60
Escala 5 10/8	92.07	7.35	7.70	67.44	35.34
Escala 5 12/7	91.92	5.52	7.23	74.36	37.26
Escala 5 7/9	92.18	5.88	7.82	70.21	39.18

Anexo B*Resultados GMD*