

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON GRANO DE LUPINO Y SU
PROCESAMIENTO SOBRE LA PERFORMANCE DE NOVILLOS HEREFORD
PASTOREANDO SORGO FORRAJERO DURANTE EL VERANO**

por

**ALEJANDRO ACOSTA LAGAXIO
PEDRO SIMEONE BERETTA
NICOLAS UBILLA RODRIGUEZ**

**TRABAJO FINAL DE GRADO presentado
como uno de los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2022**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a: -----
Ing. Agr. Virginia Beretta

Tribunal: -----
DMV (MSc) Juan Franco

Ing. Agr.(MSc) Juan Manuel Clariget

Ing. Agr. Natalia Zabalveytia

Ing. Agr. (Dra) Virginia Beretta

Fecha: 22 de diciembre de 2022

Estudiantes: -----
Alejandro Acosta Lagaxio

Pedro Simeone Beretta

Nicolas Ubilla Rodriguez

AGRADECIMIENTOS

A los directores de tesis Ing. Agr. Virginia Beretta e Ing. Agr. Alvaro Simeone, por el apoyo técnico y orientación brindado para la elaboración de este trabajo y por sobre todo el respaldo y motivación moral brindado.

A los funcionarios y docentes de la Unidad de Producción Intensiva de Carne, particularmente al funcionario Sr. Diego Mosqueira por su disposición a la colaboración en el día a día de este experimento.

A familiares y amigos por el soporte y respaldo incondicional, no solo durante el tiempo de elaboración de este trabajo, sino también durante toda la carrera la cual se culmina con la presentación de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 PROBLEMÁTICA DE LA RECRÍA EN VERANO.....	3
2.2. ALTERNATIVAS PARA LEVANTAR LAS LIMITANTES EXISTENTES ...	4
2.3. CARACTERÍSTICAS DEL LUPINO Y RESPUESTA ANIMAL	10
2.3.1. Descripción y composición del lupino	10
2.3.2. Utilización de lupino en alimentación animal (resultados internacionales).	12
2.3.3. Efecto del procesamiento del grano.....	17
2.3.4. Resultados nacionales de utilización de lupino en alimentación animal	20
2.4. HIPÓTESIS	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. LOCALIZACIÓN	23
3.2. SUELO	23
3.3. PASTURA Y SUPLEMENTOS	23
3.4. ANIMALES	24
3.5 TRATAMIENTOS	24
3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	25
3.6.1. Manejo del pastoreo	25
3.6.2. Manejo de encierre y suplementación	27
3.7. REGISTROS Y MEDICIONES	29
3.7.1. En la pastura.....	29

3.7.2. Determinaciones realizadas en el animal	30
3.7.3. Registros meteorológicos	32
3.8. VARIABLES CALCULADAS	32
3.9. ANÁLISIS QUÍMICOS	33
3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
4. RESULTADOS	36
4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS	36
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA.....	41
4.2.1. Composición Botánica del forraje ofrecido.....	45
4.3. PERFORMANCE ANIMAL	47
4.3.1. Evolución del peso vivo	47
4.3.2. Ganancia media diaria	48
4.4. CONSUMO Y UTILIZACIÓN DEL SUPLEMENTO	50
4.4.1. Patrón y tasa de consumo del suplemento	51
4.4.2. Grano en heces y peso de granos	53
5. DISCUSIÓN	55
5.1. CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL.....	55
5.2. CONDICIÓN DE LA PASTURA.....	55
5.3. RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN CON GRANO DE LUPINO....	56
5.4. EFECTO DEL PROCESAMIENTO DEL GRANO SOBRE LA RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN	61
5.5. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS.....	63
6. CONCLUSIÓN	64
7. RESUMEN	65
8. SUMMARY	66
8. BIBLIOGRAFÍA	67
9. ANEXO.....	76

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Resultados de investigación nacional respecto al efecto de diferentes suplementos en novillos pastoreando verdeos de verano.....	6
2. Composición química del DDGS, valores generales (FEDNA, 2011) y valores aportados por ALUR (Alcoholes del Uruguay).....	8
3. Composición química de <i>Lupinus angustifolius</i>	12
4. Composición química del grano de lupino utilizado en el experimento.	24
5. Registros climáticos promedios mensuales para los meses de verano del año 2022 y datos históricos mensuales.....	37
6. Efecto del tratamiento (T) y la semana de experimental (S) sobre la biomasa disponible, remanente y utilización del sorgo por novillos de 258 kg	42
7. Efecto del tratamiento (T) y la semana de experimental (S) sobre cada fracción analizada	46
8. Composición química del forraje ofrecido para las muestras compuestas de inicio, medio y final del experimento.....	47
9. Efecto de la suplementación y grano de lupino entero (SE) o quebrado (SQ) sobre la ganancia media diaria (GMD) para cada tratamiento en el periodo total del experimento, error estándar y significancia	49
10. Respuesta a la suplementación (kg/d), consumo de suplemento (kg/d) y eficiencia de conversión del suplemento (ECS) según procesamiento del grano desde el día 0 al 25 y del 25 al 67 del experimento, error estándar y significancia	51
11. Efecto del procesamiento de grano de lupino, sobre el consumo (CMS, % del total ofrecido) y tasa de consumo (TCS, g MS/h), durante la primera hora posterior al suministro	52
12. Tasa de consumo del suplemento según procesamiento del grano, error estándar y significancia para cada día en gMS/hora y en % del ofrecido en la primera hora	53
13. Análisis de granos en heces según procesamiento del grano, error estándar y significancia	54

14. Peso de granos entero seco y colectado en heces, error estándar y significancia.....	54
15. Análisis de ITH en días como porcentaje del total.....	58
16. Análisis de ITH dentro del horario de pastoreo en días.....	58

Figura No.	Página
1. Mapa del potrero donde se realizó el pastoreo y posición de parcelas para cada bloque y tratamiento	26
2. Esquema del corral de encierre y parcelas	28
3. Distribución porcentual de los días, según rangos de valor del ITH total para los meses diciembre 2021, enero, febrero y marzo 2022.....	38
4. Registro de ITH de forma horaria para los días del experimento en el período de diciembre y enero.....	39
5. Registro de ITH de forma horaria para los días del experimento en el período de febrero y marzo	40
6. Evolución de la biomasa disponible (kg MS/ha) y altura (cm) desde la semana 1 a la 7 del experimento, con respectivo intervalo de confianza para cada registro.....	43
7. Evolución del remanente (kg MS/ha) y altura (cm) desde la semana 1 a la 7 del experimento, con respectivo intervalo de confianza para cada registro ..	44
8. Evolución de la utilización en porcentaje desde la semana 1 a la 7 del experimento, con respectivo ranking para cada registro	45
9. Evolución de la composición botánica del forraje ofrecido en porcentaje (%)	46
10. Efecto de la suplementación con grano de lupino entero y quebrado sobre la evolución del peso vivo.....	48

1. INTRODUCCIÓN

Durante el verano en Uruguay, en los sistemas ganaderos de engorde intensivos sobre pasturas, se registra un descenso de productividad respecto al logrado en primavera. Este descenso está principalmente determinado por dos factores, la pérdida de calidad de las pasturas y el ambiente climático menos favorable caracterizado por altas temperaturas y humedad relativa. A causa de esto se reduce el consumo voluntario y se incrementan los requerimientos de mantenimiento, repercutiendo en el balance energético animal y consecuentemente en la ganancia media diaria de peso vivo (GMD) y en la producción por hectárea. (Simeone, 2000).

Es por esto que el uso de verdes de verano como el sorgo forrajero, es una herramienta adecuada para esta época del año ya que permite mantener una alta producción de forraje (Simeone, 2000), mejorar la productividad animal y aumentar la capacidad de carga animal en dicho período (Montossi et al., 2020).

No obstante, manejos con cargas altas de entre 5 y 6 UG/ha reportan ganancias bajas, debido a la reducción en el consumo de proteína y energía. La utilización de suplementos podría levantar esta restricción en el consumo de energía y proteína mejorando la performance individual al trabajar a altas cargas (Rovira, 2002, Velazco et al., 2012).

La suplementación con concentrados energéticos-proteicos, como lo son los granos secos de destilería (DDGS) en animales pastoreando sorgo forrajero, ha demostrado mejorar el resultado en la performance animal. Esta respuesta puede ser atribuida al efecto aditivo de la suplementación y a su vez al mayor aporte proteico, mejorando la degradabilidad ruminal de la fibra y mejorando el consumo (Beretta y Simeone, 2019).

El grano de lupino (*Lupinus angustifolius*), caracterizado por un elevado aporte energético (no almidonoso, derivado de fibra y grasas) y elevado aporte

proteico (en torno al 35% de proteína cruda) también podría ser utilizado como suplemento para vacunos pastoreando sorgo forrajero. Sin embargo, la alta tasa de degradación ruminal reportada para la proteína del lupino, podría determinar un bajo aprovechamiento de la misma, reduciendo la respuesta a la suplementación. El suministro del grano entero podría reducir la tasa de degradación respecto al quebrado, no obstante, el aprovechamiento del suplemento como tal, a lo largo del tracto digestivo, podría verse disminuido (Beretta y Simeone, 2021).

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la suplementación con grano de lupino y su procesamiento, sobre la performance y eficiencia de uso del alimento en vacunos en crecimiento pastoreando sorgo forrajero.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar el patrón de evolución de peso vivo durante el verano en novillos pastoreando sorgo con o sin acceso al consumo de lupino sometido a diferente procesamiento.

Evaluar la eficiencia de utilización del forraje, y de conversión del concentrado dirigido a generar coeficientes técnicos que sustenten la evaluación bioeconómica de la mejor estrategia.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROBLEMÁTICA DE LA RECRÍA EN VERANO

La estación del verano presenta dos características particulares en relación a la ganadería. Por un lado, el estrés ambiental asociado a las altas temperaturas y humedad relativa característico de esta estación, y por el otro, la baja calidad de las pasturas en relación a la primavera e invierno.

En cuanto al primer aspecto, Cruz y Saravia (2008) trabajando con ganado lechero sobre diferentes localidades al norte de Rio Negro, Uruguay, observaron una frecuencia acumulada de valores diarios de ITH crítico > 72 , por encima de 50% para el mes de enero, concluyendo finalmente que las condiciones climáticas durante el verano pueden resultar en una limitante productiva en los rodeos lecheros de nuestro país.

Capó y Senosiain (2015) evaluando diferentes medidas de manejo para atenuar el efecto del estrés calórico sobre el comportamiento y productividad de vacas lecheras en lactación durante el período estival, encontraron cambios comportamentales de los animales que no tenían acceso a sombra, destacando un incremento del tiempo en que éstos estaban de pie, menor tiempo de rumia, y un aumento en la temperatura rectal y gasto de energía en respiración, determinando finalmente una reducción de la productividad.

Además, se pueden producir cambios en los patrones de consumo diario y en el consumo total, tal como lo señalan Saravia et al. (2011) que estudiando diferentes condiciones ambientales de temperatura, explican que el animal en situación de ola de calor leve puede cambiar los patrones de consumo a lo largo del día para compensar las reducciones de consumo que se dan en los momentos de mayor radiación solar, aunque con ola de calor más severas, el consumo total se deprime y la productividad se resiente.

En cuanto al segundo aspecto, a medida que las praderas avanzan en su desarrollo fenológico pasando de estado vegetativo a reproductivo ocurre un aumento en la relación tallo/hoja (a excepción del trébol). Como consecuencia de esto, se da una disminución en su valor nutritivo debido al aumento en el contenido de pared celular por los componentes de hemicelulosa y lignina, y una disminución de compuestos nitrogenados solubles, dando como consecuencia una disminución en la digestibilidad de la materia seca (Crempien, 1983, Leborgne, 1983, Van Soest, 1994). Varios autores reportan diferentes estrategias de manejo del pastoreo (Beretta et al., 2013, Rovira y Echeverría, 2013) y suplementación energético-proteica (Cazzuli et al., 2019, Lagomarsino et al., 2019, Casanova, 2020) que podrían contribuir a levantar las limitantes existentes.

2.2. ALTERNATIVAS PARA LEVANTAR LAS LIMITANTES EXISTENTES

Beretta et al. (2013) Evaluaron el impacto en la performance animal al realizar pastoreo con restricción de acceso a la pastura entre las 10 y 17 horas y traslado a un encierro con sombra, sobre praderas mezcla respecto a el pastoreo libre basándose en evitar las horas de mayor radiación para disminuir el gasto energético por termorregulación. Los resultados obtenidos por los autores fueron de una superioridad del 14% en la ganancia de peso para los animales que fueron manejados bajo pastoreo restringido y con acceso a sombra durante el encierro respecto a los animales de pastoreo libre. Para este caso, las ganancias máximas no superan 1 kg/a/d a una asignación de forraje de 6% sobre un disponible inicial de 2416 kg MS/ha.

Otra alternativa evaluada para elevar la producción por hectárea en los meses de verano, es la utilización de verdeos, sorgo o sudangrass. Particularmente Rovira y Echeverría (2013) sostienen que una forma de aumentar la productividad por hectárea y sostener altas cargas en verano es a través del uso de los verdeos de verano por su alta productividad (8-15 ton MS/ha), pero estos tienen la característica de ser una pastura con desbalances nutricionales, condicionando a moderadas ganancias medias diarias.

Autores como Aello y Dimarco, Giorda y Cordes, Murray et al., citados por Fernández Mayer et al. (2011) señalan para sorgo una digestibilidad entre 50-60%, una proteína bruta entre 8-14%, FDN 60-65% y lignina 4-8%. Según Berti, citado por Fernández Mayer et al. (2011) para obtener ganancias en vacunos mayores a 700 gramos por día es necesario una digestibilidad de la MS y PB superiores a 72 y 11 % respectivamente, con una asignación de forraje igual o mayor a 3.5 kg de MS cada 100 kg de peso vivo.

La suplementación con un alimento proteico, podría mejorar estas deficiencias, mejorando la digestión de la materia orgánica y aumentando el consumo (Orskov, 1982), dando como resultado una mejor performance tanto individual como por hectárea. La cantidad de proteína no degradable en el rumen (PNDR) que llega al intestino a altos niveles de productividad, también es un determinante del resultado, el cual mejora a medida que esta aumenta (Gutierrez-Ornelas y Klopfenstein, 1991).

En esta misma línea de investigación, Cazzuli et al. (2019) analizaron la respuesta a la suplementación estratégica en novillos de 287 kg PV promedio pastoreando sorgo forrajero BMR y sudangrass, a una dotación de 7,5 animales por ha bajo pastoreo rotativo en sub parcelas. El suplemento evaluado fue expeller de girasol (40% PC, 21% FDA, 33% FDN, 73% DMO y 2,6 Mcal EM/kg MS) a un nivel del 0,88% del PV (BS). Los resultados obtenidos fueron positivos, en que los animales suplementados obtuvieron mayor GMD y producción por hectárea (0,992a vs. 0,739b kg/a/d) (412,5b vs 570,7a kg/ha) con una eficiencia de conversión de 13,9:1.

En el cuadro N° 1 se resumen tres casos de información experimental nacional respecto a la respuesta de la suplementación, en animales pastoreando sorgo forrajero y sudangrass con diferentes suplementos y a diferentes niveles (1 y 0,5 % PV).

Cuadro N° 1. Resultados de investigación nacional respecto al efecto de diferentes suplementos en novillos pastoreando verdes de verano

Experimento	Base Forrajera	Suplemento	Nivel Suplementación	PV inicial	PV Final	GMD	EC	Días
Exp. 1 Año 1	Sg/Sd	-	1 % PV	313	355	0,403	-	105
		EG			391	0,732	10/1	
Exp. 1 Año 2	Sg/Sd 7,5 Nov/ha	-	1 % PV	296	343	0,821	-	58
		EG			271	1,179	16/1	
Exp. 2 Año 1	Sg 7,5 Nov/ha	-	0,5 % PV	269	325	0,521	-	106
		EG			327	0,549	53/1	
		AA			330	0,571	30/1	
		GM			341	0,689	9/1	
Exp. 2 Año 2	Sg 7,5 Nov/ha	-	0,5 % PV	265	313	0,503	-	96
		ES			324	0,618	12,7/1	
		EG			324	0,621	12,5/1	
		AA			322	0,596	15,8/1	
		GM			317	0,482	-	
Exp. 3	Sg 7,5 - 10 Nov/ha	-	0,5 % PV	237	261	0,251	-	95
		EG			273	0,382	9,6/1	
		AA			275	0,403	8,4/1	
		GM		277	0,418	7,6/1		

Sg: Sorgo Forrajero, Sd: Sudangrass, EG: Expeller de Girasol, AA: Afrechillo de Arroz, GM: Grano de Maíz, ES: Expeller de Soja.

Nov: novillo; GMD: ganancia media diaria (kg/día); PV: peso vivo (kg); EC: eficiencia de conversión del suplemento (kg peso vivo adicional respecto al testigo sin suplementar por kg de suplemento consumido).

Fuente: adaptado de Lagomarsino et al. (2019).

En base al cuadro N° 1 animales pastoreado sorgo manejados a una carga entre 7,5 y 10 novillos/ha, presentan una GMD promedio en torno a 0,400 - 0,500 kg/a/d aunque el rango de es entre 0,251 - 0,821 kg/a/d. Cuando se los suplementa con concentrados, ya sea al 0,5 o al 1% del PV, en la mayoría de los casos se reporta una respuesta a la suplementación en torno a 0,300 kg/a/d cuando el nivel de suplementación es de 1%, y entre 0,030-0,130 kg/d cuando es al 0,5%, a excepción del experimento tres al utilizar grano de maíz donde la respuesta es negativa.

Tanto el expeller de girasol como el de soja, presentan alto aporte proteico de en torno a 34 y 44% de Proteína Cruda, 2,16 y 2,8 Mcal EM/kg respectivamente, el afrechillo de arroz aporta 2,3 Mcal EM/kg provenientes mayormente de grasa y fibra y en torno a 14,8 % PC, y el grano de maíz presenta un aporte energético aproximado a 2,8 Mcal EM/kg y solo 7,3 % de PC (FEDNA, 2019); La fracción de proteína no degradable en el rumen para estos es de 7.5, 16.2, 5.5 y 4.1% respectivamente (FEDNA, 2019).

Las mejores eficiencias de conversión se registran en los casos en que se le suministró expeller de girasol y expeller de soja. Estando estas, comprendidas entre 9,6 y 16 a 1, posiblemente dado a una mejora en el balance entre energía y proteína, aunque en el Exp. 2 año 1 el valor registrado fue extremo (53:1).

Existen antecedentes respecto al uso de grano secos de destilería más solubles (DDGS) como suplemento para novillos pastoreando sorgo forrajero BMR cv. ADV 2800 a asignación de forraje no limitante. Información generada en la unidad de producción intensiva de carne comprueba que novillos Hereford de 264 kg de peso vivo inicial pastoreando exclusivamente sorgo forrajero, a una asignación de forraje del 8% en franjas semanales y con encierro diurno entre las 10 y las 16 horas, registraron una ganancia diaria de 0,49 kg, en tanto que, los animales que accedieron al suplemento diario al 1% del peso vivo en base seca registraron una ganancia diaria 2,9 veces mayor (1,32 kg/día) (Casanova, 2020).

El DDGS se caracteriza por ser un alimento energético-proteico no almidonoso, con un aporte de energía metabolizable 3,18 Mcal/kg de MS, la cual proviene fundamentalmente de fibra altamente digestible y extracto etéreo. A su vez, presenta un contenido de proteína cruda del 29,5% y dentro de esta, una elevada proporción de proteína no degradable en el rumen (68%) (Casanova, 2020).

En el siguiente cuadro (Cuadro N° 2) se presenta la composición química del DDGS utilizado en el trabajo citado anteriormente y valores generales (FEDNA, 2011).

Cuadro N° 2. Composición química del DDGS, valores generales (FEDNA, 2011) y valores aportados por ALUR (Alcoholes del Uruguay)

Parámetro % base seca	DDGS maíz (valores generales) (FEDNA, 2011)	DDGS maíz-trigo ALUR (Casanova, 2020)
Materia seca (% base fresca)	90.3	94.1
Cenizas	4.5	4.7
Proteína cruda	28	36.0
Grasas	12.5	6.6
FDN	32.3	62.7
FDA	8.9	19.0
Energía Metabolizable (Mcal/kg)	3.0	3.21

Fuente: adaptado de FEDNA (2011) y Casanova (2020).

Casanova (2020) señala que a pesar de haberse generado una reducción del consumo de forraje en los animales suplementados, estos registraron un mayor consumo total de materia seca respecto a los no suplementados, 0,9 kg por animal por día más; y a su vez, el aporte de energía metabolizable y proteína metabolizable fue superior, 36% y 168%, respectivamente.

Existe una variada bibliografía internacional, que demuestra también que es posible lograr buenos resultados en la performance animal con la incorporación de verdeos de verano con o sin suplementación. En este sentido, Fernández Mayer y Chiatellino (2014) sobre un campo en Guaminí, Buenos Aires, evaluaron la performance animal sobre diferentes categorías de novillos según el peso, durante el verano pastoreando sorgo forrajero por un período de dos años. En cuanto al primer año, tres lotes de animales con una carga promedio 3,3 cabezas/ha, obtuvieron ganancias promedio de 0,722 kg/d, mientras que, para segundo año, manejando un solo lote de animales a una carga promedio de 4,5 cabezas/ha, se obtuvo GMD muy similares, promediando los 0,788 kg/d. Como conclusión de este trabajo, los autores señalan que es posible obtener altas ganancias de peso, superiores a los 0,7 kg/d/animal sin tener que suministrar ningún concentrado corrector.

Barbera y Benítez (2016) en tres años de investigación en la EEA INTA Mercedes Corriente, Argentina, evaluaron el efecto de la suplementación sobre sorgo en novillos de 300 kg de PV inicial. Para ello, los animales estaban a una carga entre 4 - 5,9 novillos/ha y se suplementaron con 3 - 4 kg/a/d de maíz y pellet de soja que representaba el 1% del PV en promedio. Los resultados publicados en cuanto al grupo sin suplementar presentaron una GMD 0,528 kg/d, mientras que los suplementados, presentaban una GMD de 0,816 kg/d con una eficiencia de conversión de 12:1.

En Rio Grande do Sul, Brasil, Castilho (2012) trabajando con novillos de raza Hereford, Angus y cruza con un peso inicial de 380 kg PV, pastoreando sorgo forrajero a una carga de 4,5 novillos/ha, evaluó las diferencias en dos suplementos, afrechillo de arroz y afrechillo de trigo, y su impacto entre razas. En cuanto a los resultados, la GMD promedio registrada fue de 0,876 - 1,201 - 1,098 kg/d para la raza Angus, Hereford y cruza cebuina, respectivamente. En cuanto al tipo de suplemento, no hubo diferencia significativa entre uno u el otro en la performance animal.

Planteadas las limitantes y los resultados experimentales tanto nacionales como internacionales, se puede establecer una sencilla categorización arbitraria en tres niveles de productividad durante el periodo estival (bajo, medio y alto). Dentro del nivel bajo, se ubicarían las praderas manejadas a cargas menores a 5 nov/ha con suplementación, con ganancias media diarias en torno a 100 y 350 g/d. Un nivel medio caracterizado por verdeos de verano pastoreado con cargas mayores (7 nov/ha) con ganancias moderadas no mayores a 800 g/d. Por último un nivel alto, con manejos de verdeos de verano a alta carga y suplementación con subproductos de destilería. Es a partir de este último escenario, que surge la interrogante sobre el uso de otros suplementos que presenten una composición y características similares.

Continuando con el planteo sobre la búsqueda de estas alternativas para la suplementación energético-proteica sobre verdeos de verano, se presenta al grano de lupino, sus características y particularidades.

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL LUPINO Y RESPUESTA ANIMAL

2.3.1. Descripción y composición del lupino

El lupino pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Papilionoideae, tribu Genisteae; dentro de esta, hay varios tipos siendo los más utilizados en alimentación animal *Lupinus albus* L. y *Lupinus angustifolius* L. (Mera, 2016).

Por su característica de leguminosa invernal, el lupino podría ser un componente de valor en las rotaciones agrícolas, tanto por su aporte en rendimiento de grano para alimento como por el aporte de nitrógeno por fijación biológica y adaptación a suelos con limitaciones en el nivel de fósforo (Mera, 2016).

En su forma original, las plantas de *Lupinus albus* L. contienen alcaloides, compuestos tóxicos que generan amargor en partes verdes y granos, particularmente los alcaloides se concentran en grano en torno a 1,7% y 2,4% de la materia seca. Mediante mejoramiento genético se logró seleccionar individuos con genes capaces de bloquear la síntesis de alcaloides y que contienen niveles inferiores al 0,05% llamados “lupinos dulces” (*L. angustifolius* L.) siendo estos seguros para el uso como alimento animal e inclusive consumo humano (Baharudin, 2016).

El perfil nutricional del grano de lupino sin procesar tiene varias características favorables para la nutrición de rumiantes y monogástricos. La investigación internacional ha comprobado en múltiples publicaciones los efectos positivos de la utilización del grano de lupino como suplemento, particularmente su utilización en Australia en corderos y en ovejas en gestación en periodo verano-otoño en condiciones de pastoreo limitantes en calidad (Van Barneveld, 1999).

Niveles bajos de almidón y alto contenido de carbohidratos de alta fermentabilidad favorecen a este para la utilización animal, ya que reduce el riesgo de acidosis y provee de un excelente sustrato para los microorganismos ruminales (Baharudin, 2016).

Este grano se caracteriza por un elevado aporte de energía y proteína, Van Barneveld (1999) y Petterson (2000) señalan para el lupino dulce australiano valores en torno a 35% proteína cruda y 2.8 Mcal/kg de energía metabolizable. Otras fuentes de modo genérico indican valores de 26% a 34.2% de PC y 2.8 a 3.4 Mcal/kg de energía metabolizable (NRC, 1996, Alderman y Cottrill, 1993, FEDNA, 2019).

En el cuadro N° 3 se presenta la composición química típica del grano de *L. angustifolius* con y sin cáscara. La cáscara del grano de lupino se caracteriza por ser gruesa y comprende en torno al 22% del peso de la semilla y esta se caracteriza por tener 90% de contenido de pared celular, de los cuales 51% son

celulosa, 1.2% lignina, 0.4% de almidón, 1% sacarosa y 0.4% oligosacáridos (Petterson, 2000).

Cuadro N° 3. Composición química de *Lupinus angustifolius*

Parámetro (% Base Seca)	Grano con cáscara	Grano sin cáscara
Materia seca (% base fresca)	91.1	100.1
Proteína (N x 6.25)	35.1	40.0
Cenizas	3.0	2.7
Grasas	6.5	6.6
Fibra detergente ácido (FDA)	21.6	7.0
Fibra detergente neutro (FDN)	25.8	7.1
Lignina	0.9	0.7
Calcio	0.2	0.1
Fósforo	0.3	0.5
Azufre	0.3	0.3
Energía Bruta (Mcal/kg)	4.8	4.3
Energía Metabolizable (Mcal/kg)	3,4	-

Fuente: adaptado de Petterson (2000).

2.3.2. Utilización de lupino en alimentación animal (resultados internacionales).

Obeidat et al. (2021) trabajando con corderos en engorde en estabulación individual, evaluaron diferentes niveles de inclusión de grano de lupino quebrado en reemplazo de harina de soja (0; 125 y 250 g/kg MS), encontraron que el grupo de animales con más proporción de lupino aumentó el consumo de materia seca, proteína cruda y extracto etéreo respecto al resto; mejoró la ganancia media diaria (186a, 210ab y 263b g/d respectivamente) y el incremento total de peso fue mayor (14.3a, 16.2ab y 20.3b kg, respectivamente).

Los autores señalan que la inclusión de lupino no determinó diferencias en el peso de la carcasa, órganos internos y de los cortes; adicionalmente, tampoco afectó el tamaño del músculo *Longissimus dorsi*.

Similar respuesta obtuvieron Ephrem et al. (2015) trabajando con corderos en engorde, pero suplementados con niveles crecientes de grano entero de lupino a una dieta a base de heno de pastura ofrecido *ad libitum*. Estos comprobaron en estas condiciones que al aumentar la suplementación también aumentaba el consumo total de materia seca, proteína cruda y materia orgánica digestible. Según los autores, esto determina mejor digestibilidad aparente, ganancia de peso y eficiencia de conversión.

Guillaume et al. (1987) también evaluaron el efecto de utilizar grano entero de lupino como reemplazo de harina de soja, pero sobre vacas holando en lactación. Los resultados que estos obtuvieron fueron opuestos a los anteriormente citados obtenidos por Obeidat et al. (2021) y Ephrem et al. (2015). Detectaron que los animales que se alimentaron con la dieta que contenía lupino, consumieron menos kg de materia seca por día y a su vez produjeron 1.8 kg menos de leche y produjeron menor porcentaje de proteína en leche. Los autores manifiestan que los motivos de las diferencias no son claros, pero podrían haberse explicado por una mayor sensibilidad al contenido de alcaloides de la vaca en lactación, o por alta degradación en rumen de la proteína proveniente del lupino reduciéndose la absorbible en el intestino.

Vicenti et al. (2009) trabajando con toros de raza Podolian en encierro desde los 265 kg hasta 470 kg de peso alimentados con ración balanceada y peleteada, evaluando la sustitución de harina de soja por grano de lupino, manifiestan que los resultados obtenidos demuestran la efectividad del uso de lupino en reemplazo de la soja como fuente de proteína; no observándose diferencias significativas en lo que respecta a ganancia media diaria, peso final, composición de carcasa y calidad de carne. El único parámetro que los autores manifiestan mostró pequeñas diferencias, fue el grado de engrasamiento de la carcasa, levemente menor para los animales que su dieta contenía lupino.

Según Vicenti et al. (2009), las controversias que hay entre resultados podrían estar dada por dos factores, uno es la mayor degradabilidad en rumen de la proteína proveniente del lupino respecto a la proteína proveniente de la soja; y el otro debido a la menor calidad de la proteína respecto a la de soja, particularmente el contenido de ácido glutámico y aminoácidos esenciales que contienen azufre.

Similares resultados a los de Vicenti et al. (2009) obtuvieron Ragni et al. (2018) trabajando con vaquillonas Charolais reemplazando harina de soja por dos alternativas, grano de arveja y grano de lupino en un ración peleteada ofrecida *ad libitum* a una concentración iso-energética e iso-proteica, con aporte de paja de trigo *ad libitum*. Los resultados obtenidos por estos autores señalan que no hubo diferencias entre las tres fuentes de proteína, validando su uso reemplazando a la harina de soja. Para las condiciones del experimento los autores reportan ganancias de entre 1 kg y 1,2 kg por día y eficiencia de conversión en torno a 7 a 1.

Como se puede observar, la mayoría de la investigación internacional sobre el uso de lupino en alimentación animal, está orientada hacia el uso como sustituto de la soja como fuente de proteína, y particularmente en dietas suministradas a animales estabulados. Es aquí, donde surgen las interrogantes del uso de este como suplemento para las condiciones a campo, en pastoreo, particulares de nuestra región. Sin embargo, en Oceanía si se ha investigado acerca del uso como suplemento de ovinos en pastoreo y en menor medida de vacunos, principalmente de producción lechera.

Con el objetivo de disminuir la pérdida de peso en el verano en corderos destetados de 25 kg de peso vivo, pastoreando rastrojo de trigo Rowe y Ferguson (1986) evaluaron el uso de grano de lupino y la frecuencia de suministro en el cambio de peso vivo en dos experimentos (1984 y 1985), resultando en una pérdida de 48 y 176 g/d para los no suplementados y una ganancia de los suplementados de 42 g/d con 200 g/d de suplemento suministrado dos veces por semana, y 119 g/d de ganancia, con 250 g/d de suplemento suministrado una vez por semana, en cada año, respectivamente. A su vez, a un nivel de

suplementación de 150 g/d evaluaron tres alternativas de suministro, uno y dos veces por semana y la alternativa de esparcir el grano sobre el potrero cada cuatro semanas, resultando estas iguales en la reducción de la pérdida de peso vivo. Esta última forma de suministro es posible en ovinos debido a la anatomía de la boca del animal el cual le permite tener una mayor capacidad de selección en relación al bovino.

Brand et al. (1999) trabajando durante un año con ovinos sobre pastoreo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) suplementados con grano entero de lupino a un nivel de 0,5% del peso vivo tres veces por semana, tanto para ovejas gestantes y en lactancia como para ovejas secas, determinaron superioridad de los tratamientos suplementados respecto al testigo, pero con resultados poco beneficioso con el uso de lupino como suplemento. Estos manifiestan que la baja performance está dada por la alta degradabilidad ruminal de la proteína y el bajo nivel de aminoácidos con contenido de azufre, resultando la suplementación en un bajo impacto en la producción de lana y en el cambio de peso vivo tanto para ovejas como para corderos.

Rowe et al. (1989) evaluaron la eficiencia de conversión para el peso vivo y el crecimiento de la lana, ante el efecto de distintos niveles de suplementación con grano de lupino, avena y cebada en corderos merino pastoreando rastrojo de trigo a una carga de 10 animales/ha. En lo que refiere al peso vivo el grupo suplementado con grano de lupino presentó mejores conversiones respecto al grano de avena y cebada, siendo estas de 3.64, 4.93 y 5.21 respectivamente. En lo que respecta a la calidad de la lana no hubo diferencia entre el tipo de suplemento.

En el mismo sentido Morcombe y Allen (1993) evaluaron el desempeño de corderos previo y post destete pastoreando rastrojo de cultivo de lupino y suplementación con lupino, teniendo como objetivo que estos no perdieran peso durante el verano. Los animales suplementados al pie de la madre con 300 g/d presentaron una superioridad del 46% en la ganancia diaria pre-destete respecto a los corderos no suplementados; luego del destete, pastorearon rastrojo de lupino (10 y 20 corderos/ha), los autores manifiestan que el pastoreo de rastrojo

de lupino cumplió con el objetivo de que no perdieran peso para el tratamiento de 10 corderos/ha. A su vez, reportan que los resultados están muy asociados al nivel de grano remanente en el suelo y que a medida transcurre el tiempo este va disminuyendo, y asociado a daños hepáticos provocados por lupinosis causada por phomosis pese a que los materiales sembrados presentaban resistencia a la phomosis. En contraposición a esto, concluyen que no es posible sostener altas cargas (20 corderos/ha) y por lo tanto para mantener peso debieron recurrir a rastrojo de trigo suplementado con grano de lupino.

En un experimento con vacas lecheras en ordeño pastoreando pradera a una asignación de 30 kg MS/v/d Stockdale (1999) evaluó tres suplementos, 75/25% cebada/trigo, 50/25/25% lupino/cebada/trigo y heno de pastura a un mismo nivel (5 kg MS/d) ofrecido dos veces por día. Este reporta, que los animales suplementados con las mezclas de granos consumieron más y produjeron más kg de leche por ha particularmente la que contenía lupino. El motivo de la superioridad de este, según el autor, se debe a la mayor concentración energética y a que la fuente de energía proviene de fibra y no de almidón, siendo esto beneficioso para el funcionamiento del rumen. En lo que respecta al nivel de sustitución de pastura por suplemento, no difirió entre suplementos, registrándose en torno a 0,3 kg MS/d.

Hawthorne (1980) en un experimento compuesto, realizado en la estación de verano en Australia, comparando la suplementación con grano de lupino sobre novillos pastoreando praderas perennes, respecto a animales estabulados con dieta base de lupino y heno, determinó que para los animales suplementados con 3,5 - 4 kg por día en pastoreo, la ganancia de peso vivo se redujo en 21% respecto a los estabulados, variando ésta entre 14 y 28%, por lo que el autor señala es una alternativa viable en la práctica ya que no implica costos de instalaciones y manipulación de heno. Para animales en pastoreo, la ganancia de peso vivo disminuye al disminuir el nivel de suplementación (3,5 - 2,0 - 1,0 kg/d), resultando en una GMD de 0.762, 0.539 y 0.388 kg/d respectivamente. No obstante, empeora la eficiencia de conversión del suplemento, resultando esta de 3.95, 4.95 y 5.58 respectivamente. El autor, señala que aparentemente la suplementación sobre pasturas secas resultaría en mejores ganancias de peso vivo respecto a su uso sobre pasturas verdes, si bien no señala una razón clara,

manifiesta que esta puede deberse a la reducción de consumo de pasto debido a la menor cantidad de pastos verdes, sustitución de grano por pasto verde o disminución de la necesidad de un suplemento proteico debido al contenido de proteína del pasto verde.

2.3.3. Efecto del procesamiento del grano

Es sabido que, si durante la masticación los granos enteros no son dañados, su digestibilidad se verá limitada (Orskov, citado por Damonte et al., 2004). Para lograr el máximo aprovechamiento del grano es necesario realizar previamente un procesamiento de los mismos, de forma tal que la flora ruminal tenga menor resistencia a la cobertura del almidón (en granos de cereales), resultando en un aumento en la digestibilidad (Ustarroz y De León, s.f.).

Moler o partir el grano, disminuye el tamaño incrementando la digestibilidad parcial y total (Ustarroz y De León, s.f.). Moe et al., citados por Bartaburu et al. (2003), observaron que la digestión total de la MS del maíz quebrado fue mayor a la del maíz entero (68,3 vs 59,1%) para vacas lecheras alimentadas con una dieta de 54,5 % de concentrados.

En oposición, se ha encontrado por otros autores, que el consumo de grano de maíz entero presenta igual digestión que el grano quebrado. Los mismos son dañados durante la masticación, no reportándose mejor productividad por moler el grano (Bartaburu et al., 2003).

Orskov et al. (1974) evaluaron diferentes tipos de procesamientos para granos de cereales midiendo su impacto en la digestibilidad, pH ruminal, composición de ácidos grasos volátiles (AGV) y firmeza del engrasamiento en corderos. Estos determinaron, que cuando se suministra una dieta con grano entero de cebada, maíz, avena o trigo, la proporción de ácido acético en rumen es superior a cuando se suministra peleteado. Otro aspecto que definen es que cuando se suministra peleteado el pH se mantiene, y con grano entero (cebada,

maíz, avena y trigo) aumenta una unidad de pH. Estos autores sostienen que en general la digestibilidad se mantiene similar para los diferentes procesamientos pero con algunas excepciones. El peleteado de cebada entera, resulta en mejor digestibilidad que el peleteado de cebada rolada, a su vez, cuando se suministra entero es superior a cuando se suministra peleteado y aumenta el tiempo de rumia al doble, mientras que para el grano de trigo sucede lo contrario.

Analizando la digestibilidad del almidón, al utilizarse grano entero de avena y cebada, Morgan y Campling (1978) concluyen que para que esta sea completa es necesario una fractura de la cubierta, pero a su vez estos manifiestan que es un factor dependiente de la edad del animal, siendo los animales más jóvenes los que reportan mejores valores de digestibilidad. El otro factor determinante, es la relación de forraje/grano, Nordin y Campling, citados por Morgan y Campling (1978), trabajando con grano entero de maíz, señalan que los animales jóvenes utilizan casi el doble del tiempo para el proceso de masticación que los animales adultos.

En lo que refiere al procesamiento del grano de lupino, Rojas y Catrileo (1998) trabajando con novillos Hereford de 208 kg PV en condiciones de estabulación, no encontraron diferencias significativas que justifiquen la molienda del grano. Evaluaron cuatro tratamientos, dos tipos de lupino, *Lupinus alba* y *Lupinus angustifolius*, cada uno ofrecido como grano entero y quebrado; observando una tendencia a mayor incremento de peso en *Lupinus angustifolius* quebrado que entero y lo opuesto para *Lupinus alba*, pero sin ser significativas, conforme con los resultados obtenidos por Hawthorne y Fromm (1977), Axelsen et al. (1979), May y Barker (1984). En lo que refiere a la eficiencia de conversión, tampoco fue afectada por el procesamiento.

Rojas y Catrileo (1998) manifiestan haber encontrado diferencias en la digestibilidad de la ración, 6% menor asociada al procesamiento del grano de lupino (quebrado), en contraposición a lo publicado por Valentine y Bartsch (1986) sobre un experimento con vacas lecheras consumiendo dos dietas diferentes, pastura de avena y paja de cereales, suplementadas con lupino. Estos últimos autores reportan valores de digestibilidad 11% inferior para los animales

que recibieron el grano entero frente al quebrado, atribuyendo las diferencias a la excreción de granos enteros en heces en cantidades superiores al 24% de lo ofrecido.

Valentine y Bartsch (1986) sugieren que estas diferencias entre trabajos en la respuesta al procesamiento están relacionadas a la edad y tamaño de los animales, nivel de suplementación y naturaleza del forraje base, suponiendo para este caso una menor velocidad de pasaje y mayor tiempo de rumia para los que recibieron grano entero respecto a quebrado, traduciéndose en mayor ganancia de peso. Estos autores, en este trabajo, concluyen contundentemente que para maximizar la utilización del grano de lupino en vacas lecheras, es necesario molerlo tanto para la dieta a base de pastura de avena como para la dieta a base de paja de cereales.

Cabe destacar que, si bien May y Barker (1984) no encontraron diferencias significativas entre moler o no el grano, sostienen que hay una leve tendencia a mejorar la ganancia y la eficiencia de conversión. Esta mejoría es de 0,00289 kg PV y 0,00246 kg carcasa por cada unidad porcentual adicional de grano quebrado y una disminución de la eficiencia de conversión para el grano quebrado de 0,027 y para el grano entero de 0,050 kg MS.

Sobre vaquillonas cruzas HE x AA de 353 kg PV estabuladas alimentadas con ensilaje de cebada, grano de avena y grano de lupino, Rojas et al. (2011b) evaluaron el efecto de moler los granos, sus posibles interacciones, su impacto en el incremento de peso y características de las carcazas. Estos manifiestan no haber encontrado diferencias, por lo que no se justificaría económicamente el costo extra de moler el grano.

En este mismo experimento, mediante muestra de heces, para el tratamiento con avena y lupino entero, la aparición de grano de lupino en heces fue de 5,5 y 6,3% cuando el grano de avena fue quebrado.

2.3.4. Resultados nacionales de utilización de lupino en alimentación animal

En la Unidad de Producción Intensiva de Carne se instaló un experimento durante el invierno del 2018 con el objetivo de estudiar la respuesta a la suplementación y al tipo de suplemento (grano de sorgo, DDGS de sorgo o lupino) sobre la performance de terneros pastoreando verdeo.

En lo que refiere a la biomasa disponible, remanentes y utilización de la misma no se observaron diferencias debido a la suplementación ni al tipo de suplemento, salvo en los suplementados con sorgo que presentaron menor biomasa y altura de rechazo.

Sin embargo, sí hubo diferencia en lo que respecta a la ganancia de peso vivo, respuesta a la suplementación y eficiencia de conversión. Los animales que no fueron suplementado reportaron ganancias diarias de 0.520c kg/día, aquellos que consumieron grano de sorgo obtuvieron ganancia de 0.670b kg/día y los suplementados con lupino y DDGS ganaron 0.95a y 0.87a kg/día respectivamente.

Similares resultados fueron observados en la respuesta a la suplementación donde el grano de lupino y el DDGS obtuvieron mayor respuesta (0.35a y 0.43a kg/día) mientras que el grano de sorgo presentó una respuesta a la suplementación de 0.15b kg/día.

Desde el punto de vista de la eficiencia de conversión, en el grano de sorgo fue 13.1 y menor fue la del DDGS y grano de lupino (5.48 y 4.65 respectivamente) que no presentaron diferencia entre ellos. Los autores manifiestan que esto podría ser causa de un valor nutritivo de la dieta superior al complemento del cultivo de invierno con fuentes energéticas proteicas como el Lupino o el DDGS, mejorando a la eficiencia de conversión del suplemento respecto al sorgo (Beretta y Simeone, 2021).

Otro de ellos fue realizado en el invierno 2020 sobre terneros Hereford pastoreando raigrás cv. Bill Max con dos ofertas de forraje (2.5% PV y 5.0% PV). Los resultados de este experimento muestran que los animales con una oferta de forraje al 2.5% del PV tuvieron una respuesta positiva a la suplementación al 1% del PV de 0.63 kg/día respecto a los animales no suplementados. Mientras que aquellos que se encontraba pastoreando con una oferta de forraje del 5% del PV tuvieron una respuesta a la suplementación de 0.64 kg/día. Dando como resultado una eficiencia de conversión de 3-4:1, independientemente de la asignación de forraje, siendo mejor que la reportada para los granos de cereales (Beretta y Simeone, 2021).

Otra investigación realizada en un establecimiento comercial ubicado en el departamento de Salto durante el mismo invierno, evaluó la respuesta a la suplementación invernal con grano de lupino en la recría de terneros pastoreando campo natural sobre basalto. Los terneros sin suplementación obtuvieron una ganancia media diaria de 0.15 kg/día mientras que los suplementados al 1% del PV (BS) obtuvieron una ganancia media diaria de 0.62 kg/día, dando como resultado una respuesta a la suplementación y eficiencia de conversión al suplemento de 0.47 kg/día y 2.98 respectivamente (Beretta y Simeone, 2021).

En otras categorías también se ha realizado investigación con grano de lupino como suplemento. Durante el verano del 2020, se realizó en el departamento de Soriano un experimento con el fin de evaluar el efecto de niveles crecientes de inclusión de grano de lupino en sustitución de una ración balanceada comercial, como suplemento en terneros de destete precoz pastoreando praderas a una oferta de forraje del 8% del peso vivo. Los niveles de sustitución fueron 0; 33; 66 y 100% al 1% de peso vivo. Como resultado se obtuvo que el suplemento no varió la cantidad de biomasa de forraje disponible al reingreso de cada parcela. No obstante, a medida que aumentaba la concentración de lupino en el suplemento, aumentaba la altura del remanente. También se registró una respuesta lineal negativa en la ganancia de PV, por cada 10% de aumento de lupino en la dieta los animales reducen su ganancia en 11 gramos/día. Consecuentemente se observó una pequeña disminución en el consumo de lupino (Beretta y Simeone, 2021).

A nivel del sistema alimentación a corral, en 2019 se llevó a cabo un experimento evaluando niveles crecientes de lupino como ingrediente de raciones totalmente mezcladas ofrecidas a terneros 8 a 12 meses de edad (Beretta y Simeone, 2021). En dicho experimento se evaluaron 4 tratamientos con diferente inclusión de lupino en la dieta, 0, 10, 20 y 30% sustituyendo al DDGS. Como resultado se concluyó que a medida que aumentaba la inclusión de lupino en la dieta, la eficiencia de conversión mejoraba, así mismo también mejoraba la ganancia de peso vivo hasta un 20% de inclusión de lupino, superando este valor, las ganancias medias diarias comenzaban a disminuir (Beretta y Simeone, 2021).

2.4. HIPÓTESIS

La suplementación energético-proteica con grano de lupino mejora la ganancia media diaria de novillos pastoreando sorgo forrajero, sin embargo esta respuesta podría estar condicionada por el grado de procesamiento del grano.

Estas respuestas estarían mediadas por cambios en la oferta total de energía y proteína, y en la eficiencia de utilización del forraje y del suplemento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El experimento se realizó en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental “Dr. Mario Alberto Cassinoni” (EEMAC) Facultad de Agronomía, Paysandú; durante el periodo comprendido entre el 30/12/21 y el 07/03/22.

3.2. SUELO

El experimento se llevó a cabo en el Potrero N° 3 de la UPIC, este se localiza sobre la formación Fray Bentos, suelos de la unidad San Manuel, donde dominan Brunosoles éútricos típicos (háplicos), asociados se encuentran Brunosoles éútricos lúvicos y Solonetz Solodizado Melánico, según Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay escala 1:1.000.000 (Ferrari, 1976).

3.3. PASTURA Y SUPLEMENTOS

La pastura utilizada fue Sorgo Forrajero (BMR), cultivar 135 BMR de la marca Gentos, que fue sembrado el día 11 de noviembre de 2021 a una dosis de 25 kg/ha en siembra directa. La fertilización se realizó con 100 kg/ha de 7-40/40-0+5S al momento de la siembra. No se le realizaron fertilizaciones posteriores.

Al momento del inicio del experimento, la pastura presentaba 49 días de crecimiento y 11.897 kg/ha de biomasa disponible, encontrándose en un estado de déficit hídrico severo el cual perduró hasta mediados de enero, observándose profundas grietas en el suelo. (Foto en Anexo N° 1).

El suplemento utilizado fue grano de Lupino (*Lupinus angustifolius*), el cual se suministró entero o quebrado mediante un molino de martillos. La composición química del grano se presenta en el Cuadro N° 4.

Cuadro N° 4. Composición química del grano de lupino utilizado en el experimento.

	MS%	C%	PC %	aFDNmo%	FDAmo %
Lupino	91,66	0,93	27,34	60,27	35,17

Todos los valores son expresados en base seca. Materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas (aFDNmo), fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDAmo), cenizas (C).

3.4. ANIMALES

Se utilizaron 54 novillos Hereford nacidos en la primavera del 2020 de 15 meses de edad, provenientes del rodeo de cría de la EEMAC, con un peso promedio de 270 kg \pm 52 kg que habían sido manejados de forma conjunta en los meses previos al inicio del experimento. Los animales fueron bloqueados por peso vivo en tres bloques (livianos, medianos y pesados) y asignados al azar dentro de cada bloque a tres grupos, cada grupo constituyendo una unidad experimental integrada por 6 novillos.

El día 29 de diciembre se realizó un control sanitario a todos los animales con los productos nitroxinil e ivermectina para el control de parásitos.

3.5 TRATAMIENTOS

Las unidades experimentales dentro de cada bloque fueron sorteadas a uno de tres tratamientos, evaluando el efecto de la suplementación con grano de lupino entero o quebrado en novillos pastoreando sorgo forrajero: 1) tratamiento testigo sin acceso a suplemento (T); 2) suplementación con grano de lupino

entero a razón de 1 kg/100 kg de peso vivo (base seca) (LE); 3) suplementación con grano de lupino quebrado a razón de 1 kg/100 kg de peso vivo (LQ). Todos los tratamientos pastorearon el sorgo al 8 % de asignación de forraje y fueron retirados de la parcela de pastoreo a un corral con encierre diurno entre las 10:00 y las 17:00 horas sin limitantes de agua y sombra.

Previo al inicio del experimento todos los novillos fueron estabulados por una semana consumiendo fardo de moha. A los novillos de los tratamientos suplementados adicionalmente se los introdujo gradualmente al consumo del Lupino tanto entero como quebrado incrementando a razón de 0,2 kg por animal por día.

La unidad experimental correspondiente al tratamiento testigo bloque liviano, contó finalmente con 5 animales ya que uno de ellos debió ser removido al inicio del experimento por presentar un comportamiento agresivo que dificultaba el manejo.

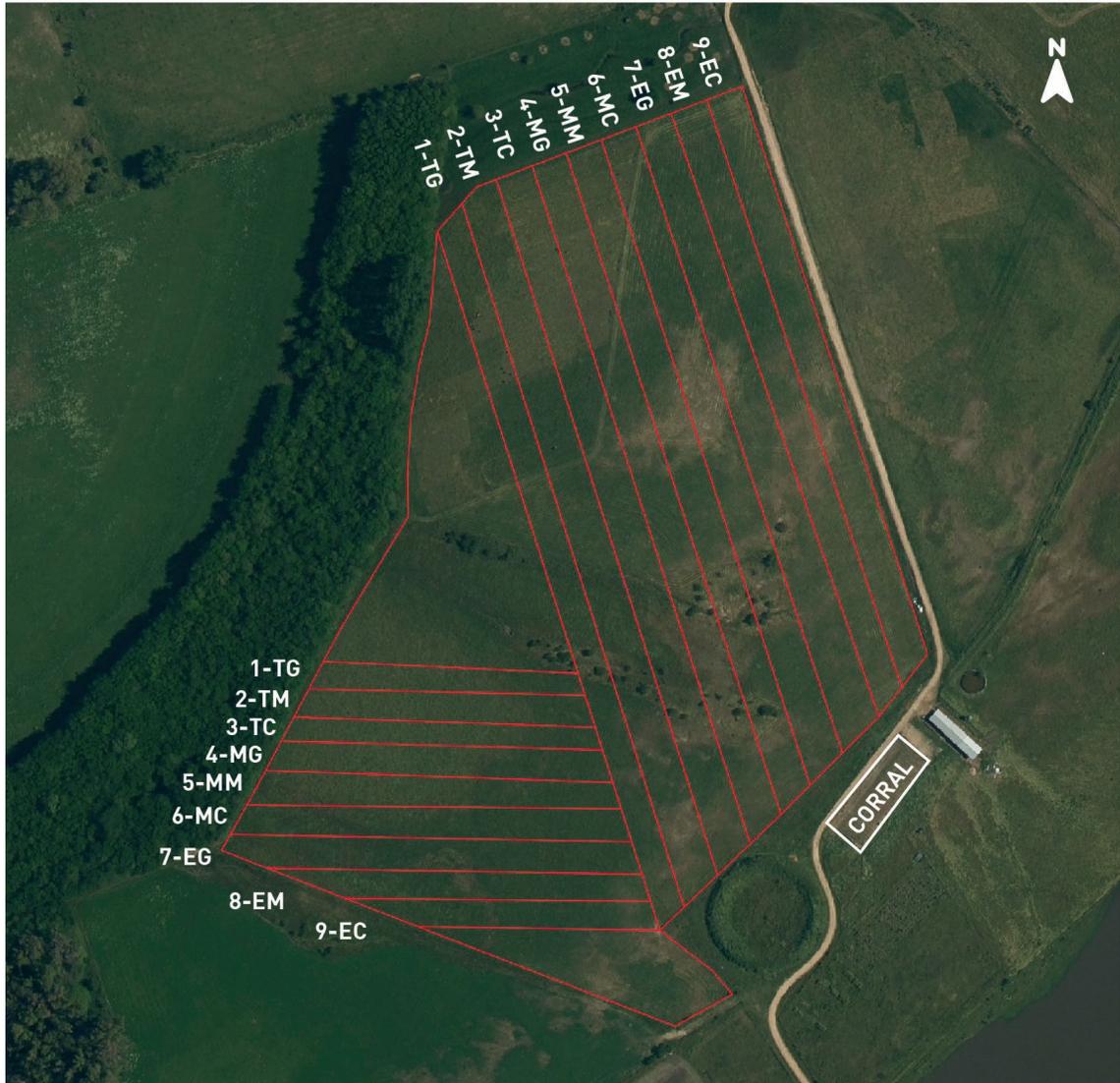
3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.6.1. Manejo del pastoreo

El pastoreo se realizó en franja semanal, ingresando a la nueva franja a las 17:00 horas el día lunes de cada semana. Se realizaron 9 franjas de 22 metros de ancho (una por unidad experimental), y se ajustó la asignación de forraje variando el largo de cada una según el peso vivo promedio por unidad experimental registrado en la última pesada, sin proyectar y en base a la disponibilidad de forraje de cada parcela.

En la Figura N°1 se puede observar un mapa del potrero utilizado (Potrero N° 3), Al comienzo de experimento se pastoreo en sentido NO-SE y luego en

sentido perpendicular E-O. Sobre el margen Sur del potrero se puede ver la posición del corral de encierre utilizado.



T= Testigo, M= Molido (Quebrado), E= Entero; G= Grande, M= Medianos, C= Chicos.

Figura N° 1. Mapa del potrero donde se realizó el pastoreo y posición de parcelas para cada bloque y tratamiento.

3.6.2. Manejo de encierre y suplementación

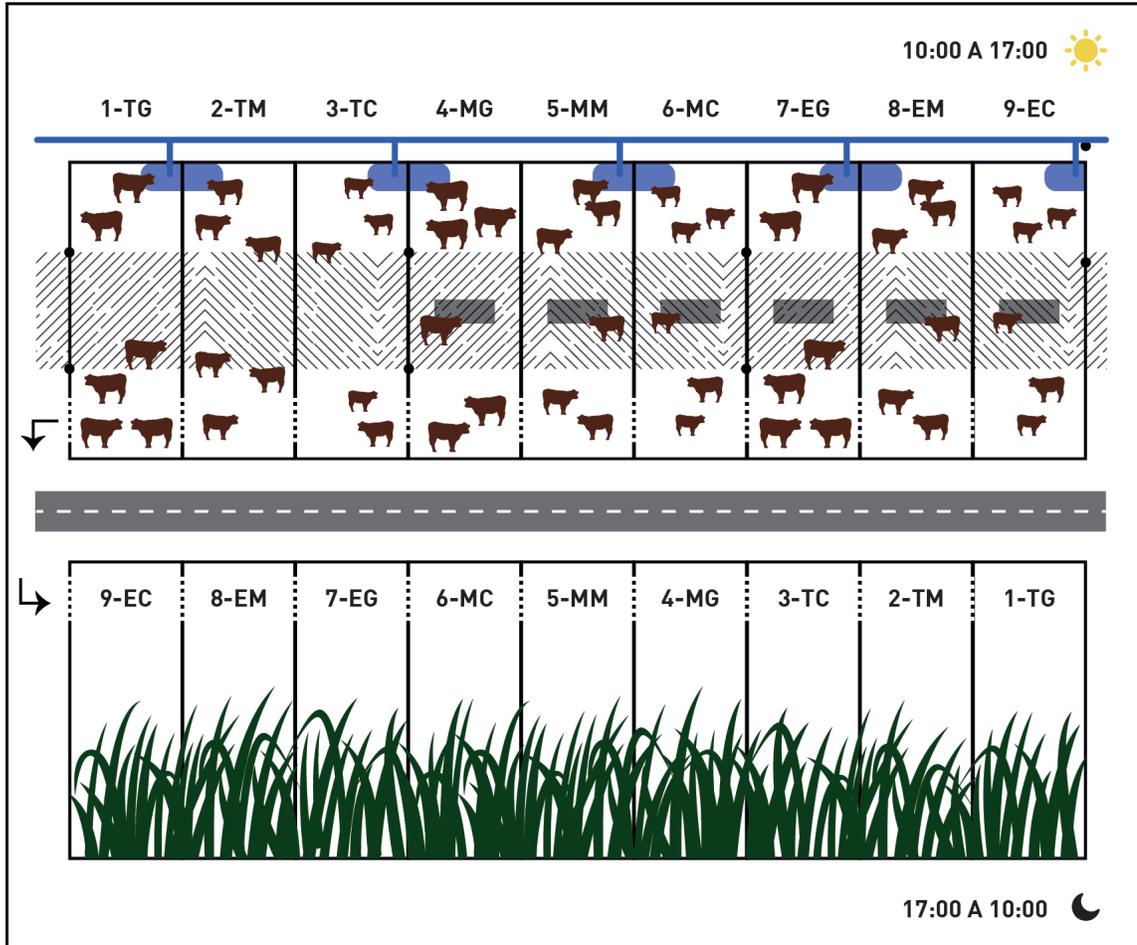
Los animales se trasladaron diariamente en el mismo orden preestablecido de tal modo que los primeros en salir del corral fuesen los primeros en entrar a la parcela, todos por el mismo camino de acceso y en orden inverso se realizó el ingreso al corral de encierre diario.

La suplementación se realizó en un encierro, el cual estaba dividido en 9 corrales, correspondiendo cada corral a una unidad experimental. El suministro del suplemento se realizó en comederos de hormigón de un metro de largo por 60 cm de ancho, donde los animales tenían acceso por ambos lados. Estos estaban ubicados debajo de la sombra y enfrente a la fuente de agua a aproximadamente 20 metros.

Diariamente se pesó la cantidad ofrecida de suplemento para cada repetición y se suministró a la hora 11:00, en caso de haber remanente del día anterior, este se retiró y se pesó previamente.

En la figura N° 2 se presenta un croquis del área de encierro. Sobre la parte superior (hacia el Norte) se representan los bebederos compartidos cada dos grupos de animales, sobre el centro el área de sombra construida en madera y malla sombra y debajo de esta, los comederos para los animales suplementados.

Opuestamente se esquematiza las franjas donde pastorea cada bloque, las cuales fueron de forma espejada al corral para simplificar el manejo diario.



T= Testigo, M= Molido (Quebrado), E= Entero; G= Grande, M= Medianos, C= Chicos.

Figura N° 2. Esquema del corral de encierre y parcelas

3.7. REGISTROS Y MEDICIONES

3.7.1. En la pastura

3.7.1.1. Disponibilidad y altura

La disponibilidad se estimó semanalmente sobre el área que se estimaba iba a ser utilizada para los siguientes 7 días. Se utilizó la técnica de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975), realizando 3 escalas con 2 muestras cada una. Para el muestreo se utilizó un cuadro de 30 x 30 cm, con el cual se realizaron 100 repeticiones por parcela semanal. Las muestras se cortaron al ras del suelo y se secaron en estufa por un lapso de entre 48 y 72 horas, hasta lograr estabilizar la muestra a peso constante, para estimar el contenido de materia seca y calcular la biomasa de MS disponible (kg/ha).

La altura se registró con regla, en el punto más alto de contacto de la hoja viva sin extender, repitiendo 5 mediciones en diagonal del cuadro para cada punto de escala muestreada.

3.7.1.2. Rechazo y altura

Sobre el remanente de cada parcela también se registró biomasa y altura, mediante los mismos procedimientos mencionados anteriormente, el día siguiente a que los animales salieran de la franja.

3.7.1.3. Caracterización del forraje ofrecido y consumido

En las semanas 2, 5 y 8, las muestras de las escalas cortadas se clasificaron de la siguiente manera; el 50% de la muestra en fresco se pesó y se

secó en estufa, la otra mitad se separó en tres componentes, hoja, tallo, y restos secos, los cuales, luego se pesaron y secaron separadamente. No se constató presencia de inflorescencias por lo tanto no se incluyó en la clasificación.

Para obtener una caracterización de la calidad del forraje ofrecido a lo largo del periodo experimental, las muestras de disponibilidad obtenidas de la semana 2, 5 y 8 representando inicio, mitad y final del experimento, fueron molidas en un molino de martillos. Para cada semana, las dos repeticiones de las muestras de escala fueron combinadas en una muestra compuesta, y conservadas para posteriores análisis químicos.

La composición química del forraje de cada parcela fue estimada como el promedio ponderado a partir de la frecuencia relativa de aparición de las escalas muestreadas.

3.7.2. Determinaciones realizadas en el animal

3.7.2.1. Peso vivo

Cada 14 días, se registró individualmente el peso de todos los animales, mezclados y en orden aleatorio. Se utilizó la misma balanza electrónica para todas las pesadas, procurando realizar la tarea a la misma hora respecto a la salida del sol de la primera pesada (hora 6:00).

Los animales quedaron encerrados la noche previa, no teniendo acceso al pastoreo, por lo tanto tuvieron en torno a 20 horas de ayuno.

3.7.2.2. Consumo de suplemento

El consumo de suplemento se determinó diariamente por la diferencia entre la cantidad suministrada y el rechazo si lo hubiese. En ese caso, se juntó, se pesó y luego se secó en estufa para determinar humedad y consumo.

En base a las partidas recibidas de grano, se tomó una muestra por bolsón (500 kg aprox), las cuales se pesaron y secaron en estufa para obtener el contenido de MS; y conservaron para posterior análisis químico.

3.7.2.3. Patrón de consumo de suplemento y presencia de grano entero en heces

Durante la semana 2, se determinó el patrón de consumo horario de suplemento. Este se realizó durante 5 días consecutivos para las 6 unidades experimentales suplementadas, registrando, a intervalos de 1 hora, el peso del contenido total de cada comedero y devolviéndolo al comedero una vez pesado. Esto se realizó con el objetivo de conocer si existen diferencias en el consumo debido al procesamiento del grano.

En la semana 2, durante los días 2, 3, 4, (luego de ingresar a una nueva franja), en los tratamientos suplementados se realizó muestreo de heces (en 3 animales por repetición) para la caracterización de la aparición de grano en heces. A estos efectos se tomó una muestra de grano entero (para caracterizar el peso de 1000 granos). Las muestras se tomaron directamente del recto de los animales por la mañana al salir de la parcela y se congelaron hasta su procesamiento. Este se realizó en laboratorio, primero se descongelaron, luego se separó en dos cada muestra, se pesó en fresco y secó una mitad para obtener el % de MS de heces. La otra mitad de la muestra se utilizó para el conteo de granos enteros y fracciones, los cuales fueron retirados los granos con pinza, pesados en fresco para luego secarlos en estufa y obtener el % de MS y peso seco.

3.7.3. Registros meteorológicos

Los registros climáticos del periodo experimental se obtuvieron de la estación meteorológica autónoma de la EEMAC ubicada dentro del mismo predio. En lo que respecta a los datos históricos para la localidad de Paysandú se obtuvieron del Instituto Nacional Uruguayo de Meteorología, los cuales están publicados en la página web oficial de este, y se utilizó la serie comprendida entre 1961 y 1990 (INUMET, s.f.).

3.8. VARIABLES CALCULADAS

La variable ganancia diaria (GMD) se calculó mediante el método de regresión, siendo esta el incremento de peso en función de los días entre pesadas. La eficiencia de conversión del suplemento se calculó como el cociente entre el consumo de suplemento y la respuesta a la suplementación, siendo esta última la diferencia de GMD entre los suplementados respecto al testigo en función del consumo de suplemento promedio diario.

La utilización del forraje fue estimada: $UF(\%) = \text{Biomasa de Forraje desaparecido} / \text{Biomasa ofrecida} \times 100$, siendo el forraje desaparecido la diferencia entre el disponible y el rechazado.

La tasa de consumo se calculó de dos maneras, la primera como peso promedio por hora (g MS/hora) y la segunda, el porcentaje consumido en la primera hora respecto al total ofrecido en el día.

Y la variable grano en heces surge del conteo y pesaje de los granos colectados en heces, expresado como % de la MS en heces. El % de digestión de los granos en heces surge de la diferencia de peso entre los granos ofrecidos y los colectados en heces, expresados en base seca.

3.9. ANÁLISIS QUÍMICOS

Las muestras de forraje ofrecido y suplemento se enviaron a analizar al laboratorio de la Facultad de Agronomía, Sayago - Montevideo. Se determinó el contenido de materia seca (Latimer, 2012), con el método 934.01, cenizas (Latimer, 2012), con el método 942.05, proteína cruda (Latimer, 2012) con el método 984.13, fibra detergente neutro corregida por cenizas y utilizando alfa amilasa estable (aFDNmo) y FDAmo (Van Soest et al., 1991).

3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado según diseño de bloques completos al azar considerándose a la parcela de pastoreo utilizada por 6 animales como repetición.

El efecto de tratamientos sobre la ganancia media diaria utilizó un modelo de heterogeneidad de pendientes del PV en función del tiempo, comparando las pendientes de los tratamientos (Control vs Suplementados y Enteros vs Quebrado) mediante contrastes simples. Cambios en la GMD durante los diferentes sub-períodos del periodo experimental, fueron comparados mediante la estimación del intervalo de confianza de las medias (95%).

El análisis del peso vivo para la estimación de ganancia fue realizado utilizando el procedimiento Mixed de SAS, según el modelo estadístico:

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

Donde:

Y_{ijk} : es el peso vivo

β_0 es el intercepto

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

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

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

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

β_{1j} : pendiente del peso vivo en función de los días (d_k) para cada tratamiento (α_j).

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

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

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

Donde:

Y_{ijklm} : variable de respuesta

μ : media poblacional

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

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

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

M_k : Efecto relativo al m-ésimo momento de medición.

δ_{ijk} : Error experimental del i-ésimo tratamiento, j-ésima repetición y k-ésimo momento de medición.

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

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

Donde:

Y_{ij} : variable de respuesta

μ : media poblacional

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

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

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

Las medias fueron comparadas mediante contrastes ortogonales pre-planificados, dirigidos a evaluar el efecto de la suplementación (Suplementados vs Testigo) y el efecto del procesamiento del grano de lupino (Entero vs Quebrado). Se consideraron diferencias significativas cuando p-valor fue menor a 0,05, y tendencia cuando p-valor se ubicó entre 0,05 y 0,1.

4. RESULTADOS

4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS

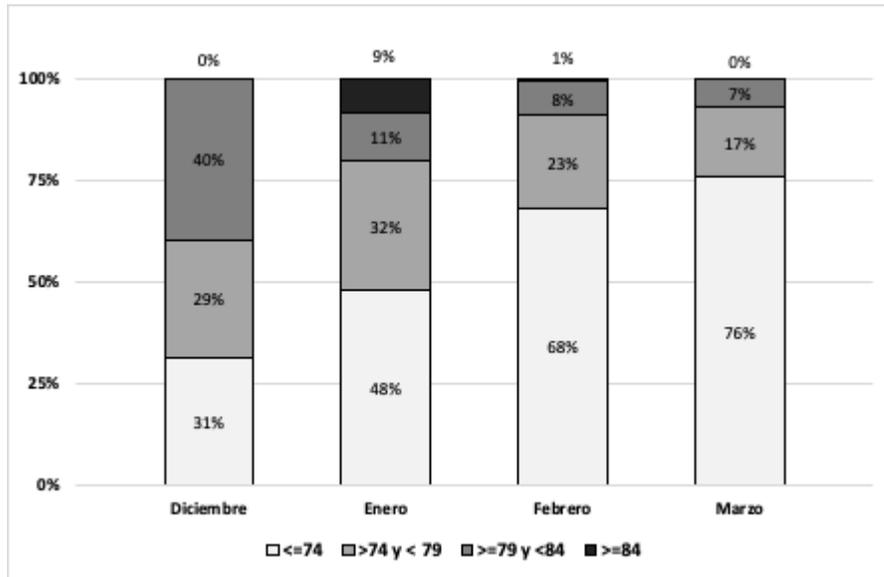
En el cuadro N° 5, se muestran las principales variables para la caracterización meteorológica promedio mensual durante el periodo experimental. Comenzando por las precipitaciones, se puede visualizar un importante déficit al inicio del experimento ya que en el mes de diciembre casi no se registran precipitaciones (3 mm en todo el mes) y que la mayoría del volumen de lluvias (239 mm) de enero se concentran entre los días 16 y 26. Agregado a esto la temperatura media de diciembre y enero fue 2,6 y 1,3°C mayor, respectivamente a la media histórica 1961-1990. Esto se vio reflejado en un mayor ITH promedio para diciembre y enero pese a haber menor humedad relativa en promedio respecto al valor histórico. En los meses de febrero y marzo, se puede observar que las variables se tornaron más similares al promedio histórico.

Cuadro N° 5. Registros climáticos promedios mensuales para los meses de verano del año 2022 y datos históricos mensuales

	Registros estación EEMAC 2022				Históricos Paysandú (1961-1990) INUMET			
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Temperatura media (°C)	25,7	26,1	23,3	19,2	23,1	24,8	23,7	21,6
Temperatura máxima media (°C)	26,0	26,4	23,5	19,4	29,7	31,5	30,0	27,6
Temperatura mínima media (°C)	25,4	25,8	23,0	19,0	16,8	18,3	17,6	15,7
Humedad relativa (%)	53,0	67,2	69,8	82,0	66,0	65,0	69,0	72,0
Precipitaciones (mm)	3,0	252,6	140,0	204,6	115,0	100,0	131,0	147,0
ITH*	73,0	75,2	71,2	65,7	70,7	73,1	71,8	68,9

*ITH (Índice de temperatura y humedad) = $(1,8 \times T^{\circ} + 32) - (0,55 - 0,55 \times HR / 100) \times (1,8 \times T^{\circ} - 26)$. dónde: T° = temperatura media y HR = humedad relativa % (Cruz y Saravia, 2008).

Complementando lo mencionado anteriormente, se presenta a continuación (Figura N° 3) un gráfico que permite visualizar para cada mes la distribución porcentual de los días según el ITH registrado, clasificado según riesgo de estrés calórico en: normal ($ITH \leq 74$), alerta ($74 < ITH < 79$), peligro ($79 \leq ITH < 84$) y emergencia ($ITH \geq 84$) (Eigenberg et al., 2005).



Dónde: normal ($ITH \leq 74$), alerta ($74 < ITH < 79$), peligro ($79 \leq ITH < 84$) y emergencia ($ITH \geq 84$) (Eigenberg et al., 2005).

Figura N° 3. Distribución porcentual de los días, según rangos de valor del ITH total para los meses diciembre 2021, enero, febrero y marzo 2022

Conforme avanzaron los meses de verano aumentó el porcentaje de los días con ITH dentro del rango normal ($ITH \leq 74$), sin embargo, particularmente en enero, se dio un registro alto de ITH de emergencia ($ITH \geq 84$) y del rango alerta ($74 < ITH < 79$). Hay que destacar que el periodo experimental propiamente dicho solamente abarca los últimos dos días de diciembre y la primera semana de marzo, por lo que los registros de enero y febrero son los que impactan más. Para completar la información e interpretación de este gráfico y cuantificar el impacto, se agrega de forma de calendario por día y por hora, el registro de ITH calculado para los días en que transcurrió el experimento (Figura N° 4 y 5).

Día	Dic		Enero																														
	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
00:00	75	73	75	70	75	74	71	64	69	70	71	73	73	74	74	74	78	78	76	71	70	77	74	75	73	72	77	74	69	62	64	68	69
01:00	74	72	75	69	74	74	67	63	69	69	71	72	73	75	74	76	78	78	76	72	71	77	74	74	72	71	76	73	67	60	64	67	68
02:00	73	71	76	67	75	74	66	61	68	69	70	71	71	71	75	75	77	77	73	71	71	76	73	74	73	71	76	73	66	59	64	66	68
03:00	72	72	75	66	75	74	65	60	67	68	69	70	70	71	74	74	78	77	72	71	71	75	73	74	73	71	75	73	65	58	64	66	67
04:00	71	72	75	66	75	73	64	59	67	66	68	70	69	70	71	74	78	74	71	71	71	75	74	74	72	70	75	73	63	58	64	66	66
05:00	69	74	74	65	74	72	62	57	65	66	67	68	67	70	69	72	78	74	70	71	71	74	73	74	70	70	75	73	62	57	63	65	66
06:00	68	73	74	64	74	70	62	56	64	65	66	68	67	69	68	72	77	73	70	70	71	74	73	74	70	70	74	73	62	57	63	64	65
07:00	69	75	74	67	72	73	63	59	66	65	67	69	68	70	69	74	79	74	68	70	71	74	74	74	69	70	75	73	61	57	63	65	66
08:00	72	77	75	71	71	77	66	64	68	68	69	72	73	73	73	77	80	74	68	70	73	75	76	75	69	70	76	73	62	60	67	67	69
09:00	75	80	76	75	70	77	68	67	71	71	72	74	77	77	78	79	83	75	68	70	74	77	80	77	70	73	76	72	64	65	70	70	73
10:00	77	82	77	78	74	75	69	70	72	72	74	77	79	80	81	81	84	75	69	70	76	81	83	80	70	76	78	72	66	68	72	73	75
11:00	79	83	79	81	78	75	71	71	74	74	76	79	80	83	82	83	86	76	70	71	78	85	85	82	72	78	79	73	68	71	74	75	78
12:00	81	83	80	82	82	75	73	73	75	75	79	80	82	85	83	84	87	77	70	71	80	87	86	85	74	80	79	73	70	72	75	76	78
13:00	81	83	77	84	84	73	73	74	76	76	80	82	83	85	84	85	87	78	71	72	81	89	88	87	72	82	80	74	72	73	75	77	79
14:00	82	83	69	84	85	74	74	75	77	77	80	82	83	86	84	85	87	77	71	72	83	89	89	88	72	78	80	75	72	74	76	78	79
15:00	82	83	66	84	85	77	74	76	77	78	81	82	84	87	84	86	87	77	72	72	84	90	89	90	72	74	79	75	73	74	76	78	78
16:00	82	83	67	85	79	78	75	76	78	78	81	82	84	86	84	86	88	76	74	73	84	90	89	89	73	77	76	77	73	74	76	79	78
17:00	82	83	69	84	78	80	74	77	78	78	81	82	84	86	84	86	87	79	74	73	85	89	88	90	73	78	76	77	73	75	76	78	77
18:00	79	83	69	84	79	79	73	76	77	77	80	81	83	86	83	85	85	80	74	73	85	88	88	89	76	80	76	72	71	74	76	78	76
19:00	78	81	69	82	78	78	72	75	76	77	79	81	81	83	82	84	85	80	74	74	83	86	88	88	75	80	77	71	70	73	75	77	73
20:00	77	79	69	79	77	76	70	73	74	75	77	78	79	81	79	82	84	80	73	73	82	80	87	86	75	79	76	72	68	71	73	75	71
21:00	76	76	69	78	76	75	68	70	72	74	74	76	76	78	77	80	81	78	73	73	80	76	82	80	74	79	74	72	66	68	71	73	68
22:00	74	75	69	77	76	76	66	69	71	73	72	75	76	76	75	79	80	77	73	72	79	75	79	76	73	78	74	73	64	66	69	71	66
23:00	73	75	70	76	75	73	65	68	71	72	71	75	75	75	75	78	79	76	72	70	78	75	76	74	72	77	74	71	63	65	69	70	64
Media	76	78	73	76	77	75	69	68	72	72	74	76	77	78	78	80	82	77	72	72	77	81	81	80	72	75	76	73	67	66	70	72	71
Horario pastoreo	74	76	73	73	75	75	67	66	70	71	72	74	74	76	75	78	80	77	72	71	76	78	78	78	72	74	75	73	66	64	68	70	69
Horario encierre	81	83	74	82	81	76	73	74	76	76	79	81	82	84	83	84	86	76	71	72	81	87	87	86	72	78	79	74	71	72	75	76	78

Donde: color blanco = normal (ITH ≤ 74), amarillo = alerta (74 < ITH < 79), anaranjado = peligro (79 ≤ ITH < 84) y rojo = emergencia (ITH ≥ 84) (Eigenberg et al., 2005). Las líneas horizontales representan los horarios a partir donde los animales se encontraban encerrados con sombra y agua (10:00-17:00). En el margen izquierdo se puede observar la hora de registro y en el superior el día.

Figura N° 4. Registro de ITH de forma horaria para los días del experimento en el período de diciembre y enero

Día	Febrero																												Marzo					
	1	2	3	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6			
00:00	63	70	75		61	63	66	68	65	60	61	66	69	74	66	69	73	65	65	64	69	70	73	77	71	60	63	70	72	71	69			
01:00	62	69	74		60	62	66	68	64	59	61	65	70	73	65	68	72	65	64	64	68	70	72	74	70	59	61	69	72	71	69			
02:00	61	68	73		59	60	66	69	64	57	61	65	70	72	65	69	72	66	64	63	69	68	71	76	70	58	61	68	71	71	68			
03:00	60	68	72		58	60	66	69	62	57	59	65	68	70	64	69	72	65	64	63	69	66	71	76	71	57	59	68	70	70	68			
04:00	59	69	71		57	61	65	68	62	57	59	64	68	68	64	68	70	65	63	61	69	66	72	77	70	57	58	67	69	70	69			
05:00	59	68	71		55	60	64	68	61	57	58	63	67	67	65	67	68	63	62	61	69	66	72	76	70	56	58	66	69	69	69			
06:00	59	68	71		53	59	64	68	62	55	57	62	65	67	65	66	68	63	62	59	69	66	72	76	70	56	58	65	69	69	69			
07:00	59	68	71		53	61	64	68	61	55	58	62	64	66	65	65	68	63	62	61	69	67	72	72	70	57	58	64	70	69	69			
08:00	63	71	72		59	64	67	71	62	59	62	66	68	68	66	68	69	65	64	64	69	67	73	70	71	60	63	67	70	72	69			
09:00	67	75	74		64	69	70	74	62	61	65	71	72	72	69	71	70	68	69	68	70	68	72	69	71	63	68	71	70	73	69			
10:00	70	79	74	68	67	71	72	77	62	64	69	74	76	75	72	75	72	71	72	71	70	70	72	69	72	67	72	75	69	73	70			
11:00	73	81	75	70	69	73	75	80	63	66	72	76	78	77	75	78	74	73	74	73	68	72	74	68	72	69	75	77	70	73	70			
12:00	75	82	75	71	70	74	77	82	65	68	73	77	81	79	77	80	77	75	75	74	68	74	75	68	72	72	77	79	70	73	72			
13:00	77	83	77	72	71	75	78	83	67	69	75	78	81	80	78	80	77	76	76	75	68	76	76	70	74	73	78	80	70	72	72			
14:00	78	83	76	73	72	76	79	83	68	70	75	79	82	81	79	81	77	78	78	76	68	78	78	72	75	74	79	80	73	71	73			
15:00	79	84	75	73	73	76	79	83	68	71	76	79	82	81	80	80	77	77	78	77	68	78	81	73	75	76	80	80	74	71	73			
16:00	78	84	74	73	74	77	79	82	68	71	76	80	82	81	80	81	77	77	78	78	69	79	80	75	75	77	80	80	76	70	75			
17:00	79	85	73	73	73	76	79	81	69	72	77	80	82	80	80	80	76	77	77	78	71	79	80	76	73	77	80	80	77	70	74			
18:00	79	84	74	73	72	76	79	80	70	71	77	79	82	78	79	80	75	76	76	77	72	80	79	76	73	77	80	80	77	70	75			
19:00	78	82	74	71	72	75	77	73	68	71	76	81	79	76	77	78	73	74	74	76	71	78	79	75	74	75	78	78	75	70	74			
20:00	75	80	73	68	69	72	74	72	66	68	73	77	76	73	74	75	71	71	71	73	71	76	76	74	70	71	75	75	73	70	73			
21:00	73	78	72	65	67	70	73	72	66	65	69	73	75	70	73	73	68	69	69	70	70	74	75	72	67	68	73	74	72	70	72			
22:00	71	76	72	63	65	69	71	71	64	64	67	71	74	69	72	72	67	67	67	69	70	73	76	72	65	66	71	73	72	70	71			
23:00	70	76	72	61	63	67	69	69	62	62	66	69	73	67	71	73	66	66	66	69	70	72	76	70	63	65	70	72	71	70	71			
Media	70	76	73	70	65	69	72	74	65	64	68	72	74	74	72	74	72	70	70	69	69	72	75	73	71	66	70	73	72	71	71			
Horario pastoreo	67	74	73	68	62	66	69	71	64	62	65	69	72	71	69	71	70	67	67	67	70	71	74	74	70	64	67	71	72	70	70			
Horario encierre	76	82	75	71	71	75	77	81	66	68	74	77	80	79	77	79	76	75	76	75	68	75	76	71	74	72	77	79	72	72	72			

Donde: color blanco = normal ($ITH \leq 74$), amarillo = alerta ($74 < ITH < 79$), anaranjado = peligro ($79 \leq ITH < 84$) y rojo = emergencia ($ITH \geq 84$) (Eigenberg et al., 2005). Las líneas horizontales representan los horarios a partir donde los animales se encontraban encerrados con sombra y agua (10:00-17:00). En el margen izquierdo se puede observar la hora de registro y en el superior el día.

Para el mes de febrero faltan registros entre los días 4 y 7 debido a una falla en el funcionamiento de la estación meteorológica autónoma.

Figura N° 5. Registro de ITH de forma horaria para los días del experimento en el período de febrero y marzo

Observando los valores fuera del horario en el que los animales se encontraban en el encierre con sombra y agua (10:00 a 16:00 líneas horizontales), para el mes de enero se puede ver que aumentan los registros fuera del rango normal (colores entre amarillo y rojo) respecto al mes de febrero, particularmente en los horarios de media tarde y noche. Otra diferencia clara es el mayor registro de ITH de rango emergencia (color rojo) en enero, y

particularmente registros de este fuera del horario de encierre.

4.2. CARACTERISTICAS DE LA PASTURA

A modo de primera aproximación se presenta un resumen general de los datos respecto a la pastura con su error estándar y nivel de significancia, los cuales se desglosan conforme se va avanzando en la lectura (Cuadro N° 6). En términos generales se puede observar que ninguna de las variables describiendo a la pastura presentaron diferencias entre tratamientos ($p > 0,05$), siendo esta respuesta independientemente de la semana experimental ($T \times S$; $p > 0,1$; Anexo N° 3, 5, 6, 7, 8).

La biomasa disponible promedio para todo el periodo experimental fue de 10.981 kg de MS/ha (EE 569 kg/ha), altura promedio de 96,6 cm (EE de 1,58 cm). El remanente o rechazo promedio de todo el periodo fue de 4.595 kg de MS/ha (EE de 282 kg/ha), asociado a este, el valor de altura es de 31,6 cm (EE 1,79 cm), resultando en una utilización de 53,3% (EE de 3,17), siendo este último el promedio de las utilidades calculadas semanalmente.

Cuadro N° 6. Efecto del tratamiento (T) y la semana de experimental (S) sobre la biomasa disponible, remanente y utilización del sorgo por novillos de 258 kg

	Tratamiento			EE	p-valor		
	S - Entero	S - Quebrado	Testigo		T	S	T x S
Biomasa disponible (kg MS/ha)	10.917	11.124	10.903	569	1,0	<.0001	0,5
Altura Disponible (cm)	96,3	95,8	94,7	1,6	0,8	<.0001	0,5
Rechazo (kg MS/ha)	4.762	4.343	4.680	282	0,6	<.0001	0,7
Altura Rechazo (cm)	32,8	29,8	32,2	1,8	0,5	<0.001	0,5
Utilización de forraje (%)	51,8	56,3	51,8	3,2	0,5	<0.001	0,8

Donde: S-Entero = suplemento de Lupino entero, S-Quebrado = suplemento de Lupino quebrado y EE = error estándar

Todas las variables fueron afectadas exclusivamente por la semana (Cuadro 6). Su evolución se presenta a continuación en las Figuras N° 6, N° 7 y N° 8.

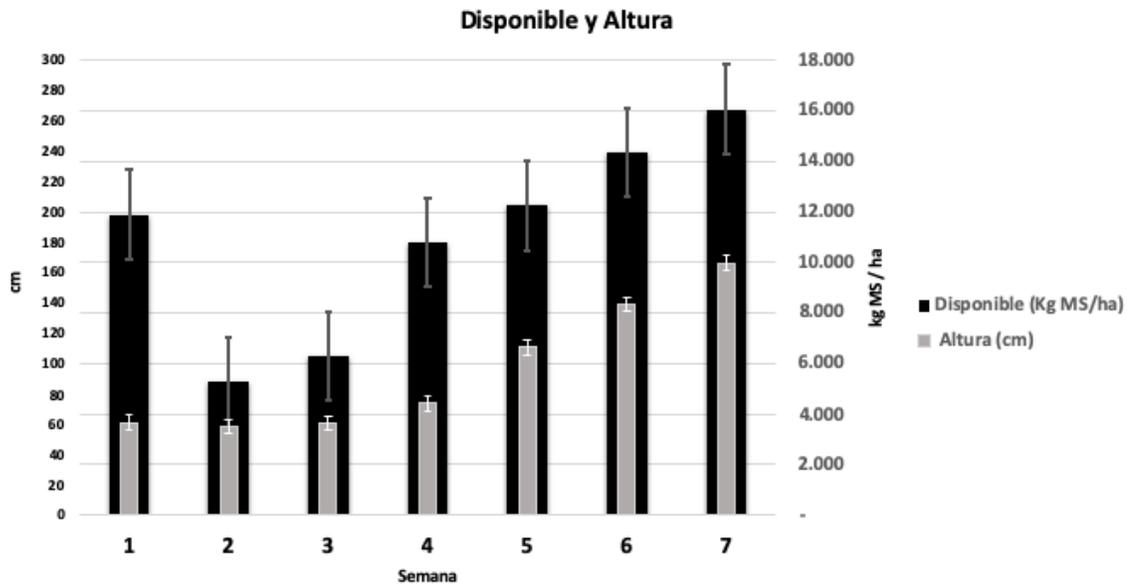


Figura N° 6. Evolución de la biomasa disponible (kg MS/ha) y altura (cm) desde la semana 1 a la 7 del experimento, con respectivo intervalo de confianza para cada registro

Claramente se puede ver una acumulación de forraje a medida que transcurrieron las semanas experimentales. Como fuera mencionado en el capítulo de materiales y métodos, las parcelas durante la semana 1 se ubicaron en un bajo del potrero y las semanas 2, 3 y 4 particularmente sobre un blanqueal, estas franjas avanzaban en dirección Norte a Sur (Figura N° 1).

Para el caso del remanente (Figura N° 7), la biomasa se mantuvo estable hasta la semana 6, en tanto la altura varió más, registros más bajos en torno a las semanas 2 y 3.

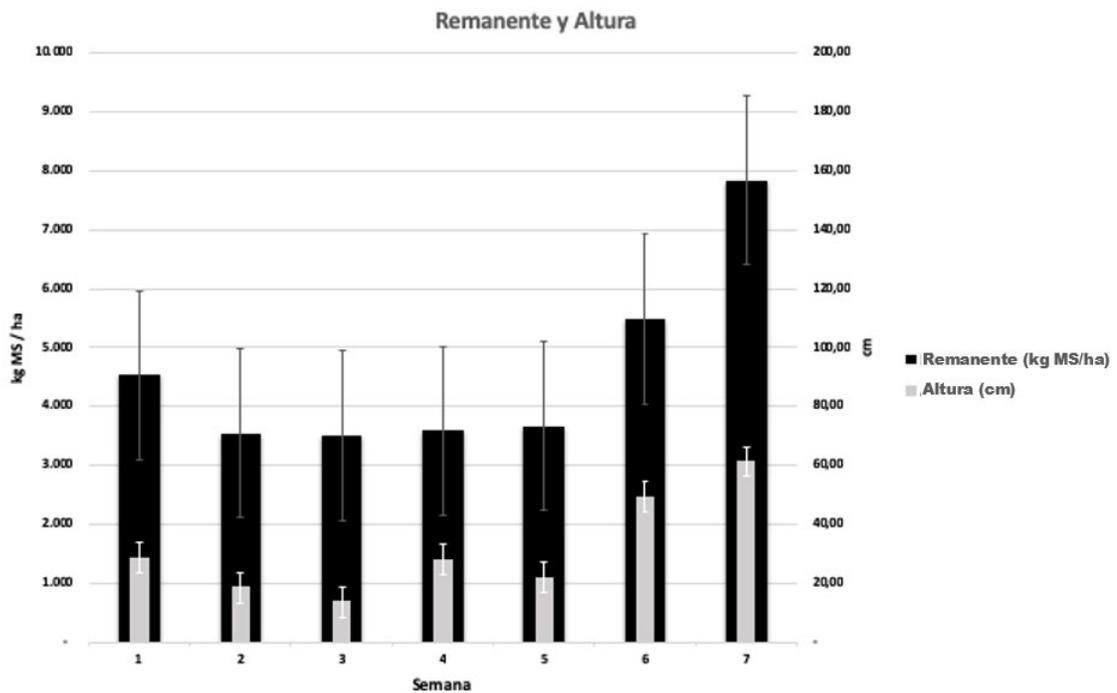
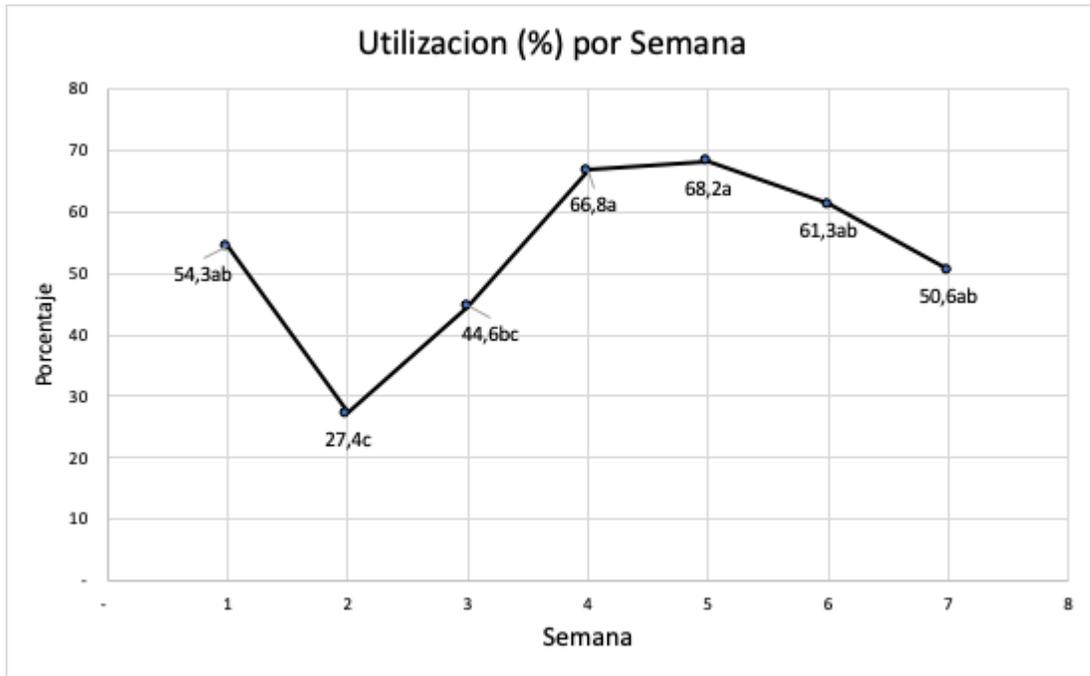


Figura N° 7. Evolución del remanente (kg MS/ha) y altura (cm) desde la semana 1 a la 7 del experimento, con respectivo intervalo de confianza para cada registro

En lo que refiere a utilización de la MS del forraje (Figura N° 8), se puede observar una disminución significativa en las semanas 2 y 3, respecto a las restantes semanas que no difirieron entre sí.

Los valores absolutos referidos a biomasa disponibles, remanente y utilización se presentan en Anexo con sus correspondiente ranking y error estándar (Anexo N° 2).



Los datos de las semanas 8 y 9 fueron retirados.

Figura N° 8. Evolución de la utilización en porcentaje desde la semana 1 a la 7 del experimento, con respectivo ranking para cada registro

4.2.1. Composición Botánica del forraje ofrecido

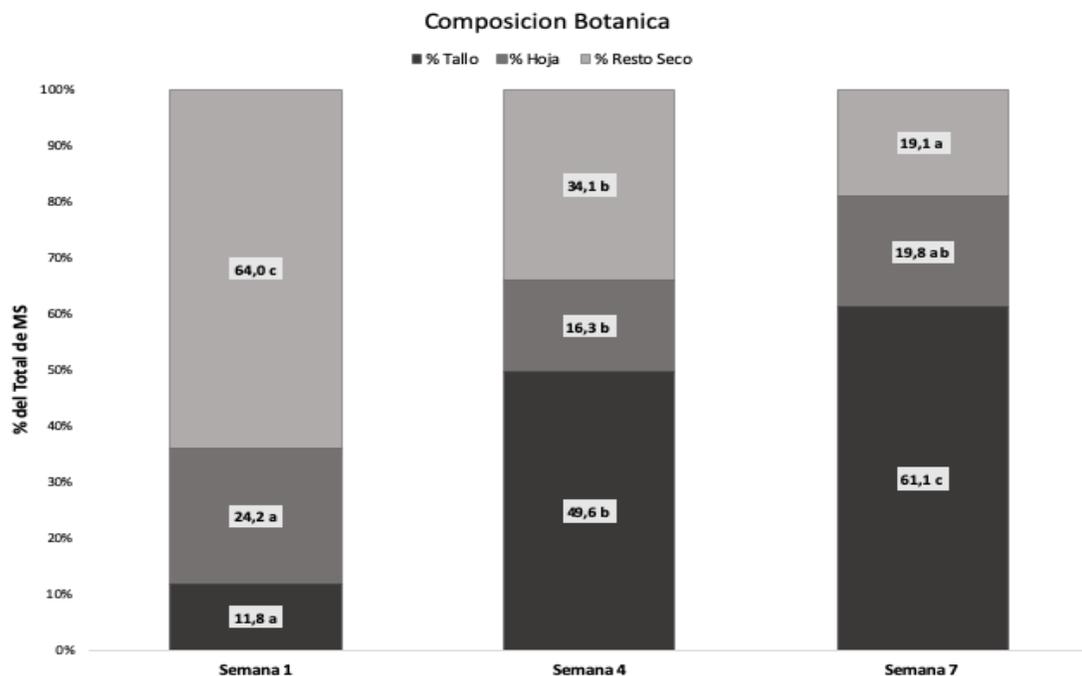
La composición botánica del forraje ofrecido caracterizada a partir de la proporción de hoja, tallos y restos secos, no difirió entre tratamientos siendo esta respuesta independiente de la semana (Cuadro N° 7). No obstante, a pesar de no presentarse interacción semana × tratamiento ni diferencias entre tratamientos, si se produjo una variación en la proporción de tallo, hoja y resto secos significativa ($p < 0,01$), (Cuadro N° 7).

Cuadro N° 7. Efecto del tratamiento (T) y la semana de experimental (S) sobre cada fracción analizada

p-valor	T	S	S x T
Hoja	0,353	<0,01	0,621
Tallo	0,603	<0,01	0,665
Resto secos	0,308	<0,01	0,587

p-valor < 0,05 implican diferencias significativas.

Para sintetizar la información y simplificar la comprensión se ofrece la siguiente gráfica (Figura N° 9) que agrupa la información por semana visualizando la evolución de la proporción entre fracciones.



Letras de significancia son entre semanas, no entre fracciones.

Figura N° 9. Evolución de la composición botánica del forraje ofrecido en porcentaje (%)

En los que respecta a la composición química del forraje ofrecido, en el transcurso del experimento no presentó diferencias entre tratamientos, $p > 0,05$. Promedialmente el sorgo forrajero utilizado en el experimento presentó 7,28% de PC, 7,8% de cenizas, 61,37% de aFDNmo, 31,01% de FDAmo y 58,68% de digestibilidad (Anexo N° 10 al 14). No obstante, la composición química del sorgo forrajero fue variando en el transcurso del tiempo. En el cuadro N° 8 se puede observar cómo a medida que avanzaron las semanas el contenido de PC disminuyó; mientras que la DMS cae hasta la semana 5, para luego mejorar levemente en la semana 8, acompañando la evolución de la FDN y FDN. Por otro lado, el % de cenizas presentó un aumento en su valor en la semana 5, mientras que en la semana 8 disminuyó.

Cuadro N° 8. Composición química del forraje ofrecido para las muestras compuestas de inicio, medio y final del experimento

	PC%	C%	aFDNmo%	FDAmo%	Dig MS%
Semana 2	8,63 a	8,01 b	59,8 b	29,1 c	60,6 a
Semana 5	8,41 b	9,28 a	63,7 a	32,8 a	56,92 c
Semana 8	4,8 c	6,11 c	60,6 b	31,14 b	58,53 b
EE	0,0515	0,0823	0,2660	0,1690	0,1731

Letras diferentes para cada característica, difieren p-valor $< 0,05$.

Los valores son expresados en base seca. Materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas (aFDNmo), fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDAmo), cenizas (C) y Digestibilidad (Dig) digestibilidad estimada a partir de la concentración de FDA: $\% \text{DIVMS} = 88.9 - (\% \text{FDA} \times 0.779)$.

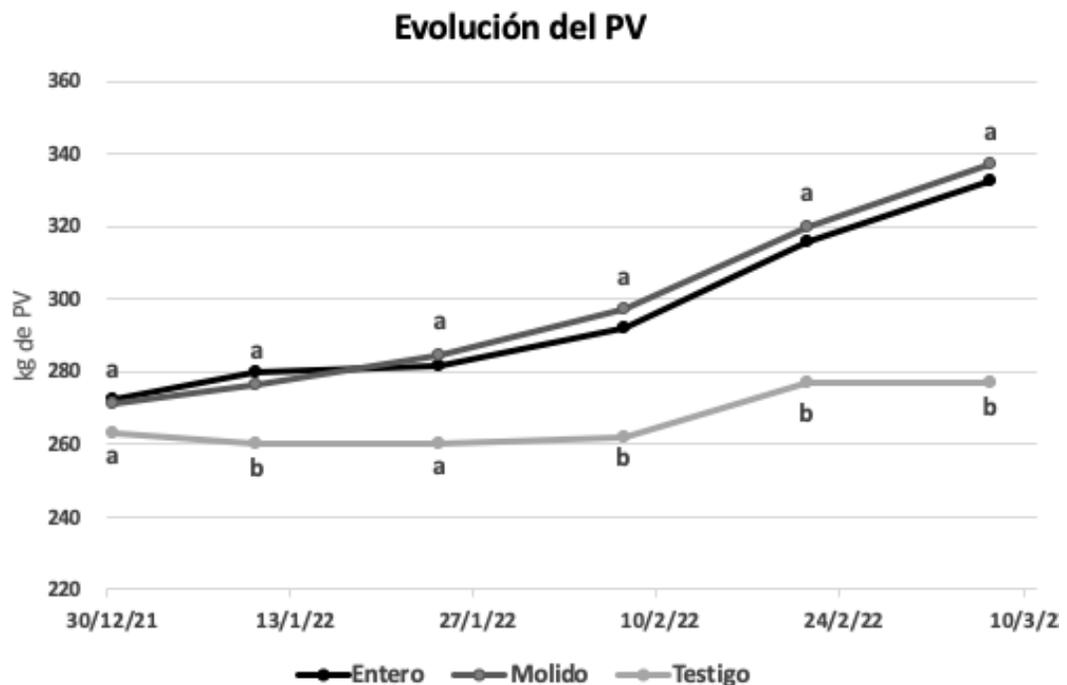
4.3. PERFORMANCE ANIMAL

4.3.1. Evolución del peso vivo

En la Figura N° 10 se presenta la evolución de peso vivo para los diferentes tratamientos. Particularmente se puede afirmar la necesidad del diseño en

bloques, ya que al inicio del experimento y en su continuación siempre resultó significativo (p -valor $<0,005$).

Las curvas de evolución de peso vivo, muestran que conforme avanzaron los días de pastoreo no se observaron diferencias entre los suplementados, pero aumentó la brecha con respecto al tratamiento testigo.



Letras diferentes en la misma fecha, difieren p -valor $<0,05$.

Figura N° 10. Efecto de la suplementación con grano de lupino entero y quebrado sobre la evolución del peso vivo

4.3.2. Ganancia media diaria

La suplementación aumentó significativamente a la GMD promedio con respecto al testigo, siendo esta de 0,905 y 0,999 kg/d para los tratamientos entero y quebrado respectivamente y de 0,229 kg/d para el testigo. (GMD E + M vs GMD testigo, p -valor $< 0,001$), no observándose diferencias entre los animales

suplementados debidas al procesamiento (p-valor = 0,610). No obstante, analizando la evolución del peso vivo (Figura N° 10) pueden diferenciarse dos sub-periodos: un periodo inicial de menor ganancia diaria que va del día 1 al 25 (PI) seguido de un aumento en la GMD del día 25 al 67 (PII). En el cuadro N° 9, se presentan las medidas ajustadas por tratamiento.

Cuadro N° 9. Efecto de la suplementación y grano de lupino entero (SE) o quebrado (SQ) sobre la ganancia media diaria (GMD) para cada tratamiento en el periodo total del experimento, error estándar y significancia

	Tratamiento			EE	p-valor	Contrastes	
	SE	SQ	T			S vs T	SE vs SQ
Peso Inicial (kg PV)	272,3	271,3	263,3	4,6	0,409	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Peso Final (kg PV)	332,7	337,3	277,3	7,6	0,008	**	<i>ns</i>
GMD (kg/a/d)	0,905	0,999	0,229	0,126	<.0001	**	<i>ns</i>
GMD días 0-25 (kg/a/d)	0,3527	0,5436	-0,1272	0,163	0,015	**	<i>ns</i>
GMD días 25-67 (kg/a/d)	1,315	1,331	0,558	0,052	<.0001	**	<i>ns</i>

* p-valor <0,05 y ** p-valor <0,001.

Las diferencias en GMD entre suplementados vs testigo aumentan del sub-periodo 1 al 2 (0,575 y 0,765 kg/a/d respectivamente) a su vez, las diferencias entre entero y quebrado se reducen de 0,191 a 0,016 kg/a/d. La ganancia media diaria para el segundo sub periodo, pasa a ser de 1,3 kg por animal por día para los tratamientos suplementados y 0,550 kg/a/d para el testigo, y esta es significativamente diferente con una confianza del 99% (p-valor <0,001).

4.4. CONSUMO Y UTILIZACIÓN DEL SUPLEMENTO

La respuesta a la suplementación para todo el periodo resultó en 0,675 y 0,769 kg/d para entero y quebrado, respectivamente, no difiriendo significativamente estos valores entre sí. Para el subperiodo 1 la respuesta fue menor, siendo de 0,480 y 0,671 kg/d y para el subperiodo 2 mayor, 0,756 y 0,772 kg/d respectivamente no difiriendo entre suplementados. En lo que al consumo de suplemento se refiere, no se registraron diferencias atribuibles al procesamiento del grano, entero o quebrado (Cuadro N° 10). Al expresar estos valores de consumo como porcentaje del peso vivo, estos tampoco difieren entre tratamientos, y su estimador promedio resulta de 0,987% del PV (EE 0,003%).

Los valores calculados para la eficiencia de conversión del suplemento (Cuadro N° 10), los cuales se separan en un dato general del experimento y en dos periodos bajo el mismo criterio anterior, se puede observar que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, lo cual es lógico ya que ni la ganancia ni el consumo difirieron para el procesamiento del grano, resultando estos en 4,62 y 4,11 en el total del periodo experimental, en PI se registraron mayores valores (6,71 vs 6,31) que en el PII (3,95 vs 3,71) para entero y quebrado respectivamente.

Cuadro N° 10. Respuesta a la suplementación (kg/d), consumo de suplemento (kg/d) y eficiencia de conversión del suplemento (ECS) según procesamiento del grano desde el día 0 al 25 y del 25 al 67 del experimento, error estándar y significancia

	Tratamiento		EE	p-valor.
	Entero	Quebrado		
Respuesta a la suplementación (0-67 días)	0,675	0,769	-	
Consumo Suplemento (0-67 días)	2,87	2,88	0,042	<i>ns</i>
ECS (0-67 días)	4,62	4,11	0,24	<i>ns</i>
Respuesta a la suplementación (0-25 días)	0,480	0,671	-	
Consumo Suplemento (0-25 días)	2,66	2,63	0,08	<i>ns</i>
ECS (0-25 días)	6,71	6,31	1,65	<i>ns</i>
Respuesta a la suplementación (25-67 días)	0,756	0,772	-	
Consumo Suplemento (25-67 días)	2,97	3,01	0,52	<i>ns</i>
ECS (25-67 días)	3,95	3,71	0,30	<i>ns</i>

ECS: eficiencia de conversión de suplemento, representando los kg de suplemento consumidos por kg de ganancia adicional de peso respecto al testigo sin suplementar.

4.4.1. Patrón y tasa de consumo del suplemento

En el cuadro N° 11 se puede apreciar el porcentaje de consumo de suplemento en la primera hora posterior al suministro (LE: 86% vs LQ: 96%, p-valor = 0,3748) así como la tasa de consumo del mismo (LE: 40,9 g/min vs LQ: 46,9 g/min, p-valor = 0,415), no fueron afectados por el procesamiento del grano $p > 0,10$ siendo esta respuesta independiente del día de medición (T x día p

>0,10). Ambas variables variaron entre días, registrando un efecto significativo para el % CMS en la primera hora (p-valor = 0,04) y una tendencia (p-valor = 0,07) para la tasa de CMS mejor con el grano quebrado (LQ).

Cuadro N° 11. Efecto del procesamiento de grano de lupino, sobre el consumo (CMS, % del total ofrecido) y tasa de consumo (TCS, g MS/h), durante la primera hora posterior al suministro

	Tratamiento		p-valor	
	Entero	Quebrado	EE	Sig.
TCS (g MS/min)	40,88	46,90	4,17	<i>ns</i>
CMS X (% del ofrecido en 1er hora)	0,86	0,96	0,06	<i>ns</i>

En lo que se refiere a las diferencias entre días, como ya se mencionó fueron significativas entre días, pero no entre tratamientos ($p = 0,37$ y $0,41$) para TCS y CMS respectivamente (Cuadro N° 12).

Cuadro N° 12. Tasa de consumo del suplemento según procesamiento del grano, error estándar y significancia para cada día en gMS/hora y en % del ofrecido en la primera hora

TCS (g MS/min)	Tratamiento			p-valor
	Entero	Quebrado	EE	Sig.
dia 1	36,76	45,07	3,39	<i>ns</i>
dia 2	45,51	47,45	3,39	<i>ns</i>
dia 3	45,19	48,78	3,39	<i>ns</i>
dia 4	42,01	46,96	3,39	<i>ns</i>
dia 5	34,94	46,22	3,39	<i>ns</i>
TCS (% del ofrecido en 1er hora)				
dia 1	0,79	0,93	0,53	<i>ns</i>
dia 2	0,95	0,97	0,53	<i>ns</i>
dia 3	0,95	1,00	0,53	<i>ns</i>
dia 4	0,89	0,97	0,53	<i>ns</i>
dia 5	0,75	0,96	0,53	<i>ns</i>

4.4.2. Grano en heces y peso de granos

En el cuadro N° 13, se exhiben para los tratamientos entero y quebrado, los valores de % de MS de las heces y la presencia porcentual de granos enteros y fragmentos de granos en heces (% de la MS). En lo que se refiere a % de MS y N° de granos/fragmentos no hubo diferencias significativas según procesamiento del grano, sin embargo, sí para la variable % de grano en heces la cual para el caso de entero es 7,87 y quebrado 0,14%.

El Cuadro N° 14 muestra para el tratamiento entero, que el peso del grano entero seco que consume el animal es significativamente superior al peso de grano entero colectado en heces lo cual estaría evidenciando una digestión parcial del mismo.

Cuadro N° 13. Análisis de granos en heces según procesamiento del grano, error estándar y significancia

<i>Grano en heces</i>	Tratamiento			p-valor
	Entero	Quebrado	EE	<i>Sig.</i>
% MS heces	18,1	18,6	1,77	<i>ns</i>
Grano entero en heces (% BS)	7,87	0,14	0,987	*
N° de granos enteros cada 100 g heces	88,7	11,5	15,01	<i>ns</i>

(BS = Base seca)

Cuadro N° 14. Peso de granos entero seco y colectado en heces, error estándar y significancia

	Peso granos entero seco	Peso granos entero heces	Frac. no dig.	EE	Sig.
100 G. Entero	14,4	8,6	0,60	0,90	*

5. DISCUSIÓN

5.1. CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL

En base a los resultados presentados, se puede deducir que el efecto ambiental condiciona en cierta medida los resultados del experimento. Tanto por la vía de la reducción del consumo voluntario como por el incremento del gasto energético de mantenimiento por el estrés calórico, y a su vez el bajo nivel de forraje verde disponible al inicio del experimento producto del déficit hídrico desde la siembra hasta el día 25 del experimento.

5.2. CONDICIÓN DE LA PASTURA

La disponibilidad promedio de la pastura previo al ingreso a una nueva franja de pastoreo no varió entre tratamientos, pero sí entre semanas, siendo esta promediamente de 10.980 ± 580 kg MS/ha con una altura promedio $96 \pm 1,6$ cm, determinando una relación de 114.4 kg MS/cm, relativamente similar a lo reportado por Rovira y Echeverría (2013), quienes indican una correlación alta y positiva entre la altura y disponibilidad de 102 kg MS/cm para sorgo BMR. En las semanas 1, 2 y 3, la altura no difiere estadísticamente pero si el disponible, siendo la semana 1 mayor a la 2 y 3 pudiendo estas diferencias estar condicionadas a la posición topográfica en el potrero (bajo semana 1 vs ladera media 2 y 3) y la mayor presencia de suelos halomórficos en las áreas correspondientes a las semanas 2 y 3 repercutiendo en la densidad de la pastura y mayor superficie descubierta, dado el alto contenido de sodio, reacción alcalina y sus propiedades físicas deficientes (Altamirano et al., 1976).

La composición botánica del forraje al igual que la disponibilidad no presentó diferencias debidas a los tratamientos, destacándose la variación registrada durante el transcurso del experimento. Los novillos comenzaron a

pastorear el sorgo con un 64% de restos secos y 36,7% de MS verde; con una relación 67/33% hoja/tallo en la fracción verde. Para el final del experimento en la semana 7 el cultivo presentaba un porcentaje de restos secos de 19,11% y 80,9% MS verde, esta última, compuesta por una relación 25/ 75% hoja/tallo. Se puede apreciar como la relación hoja/tallo disminuyó, asociado al avance del estado fenológico del cultivo (Lagomarsino et al., 2019). Los valores del análisis de composición botánica para las muestras de sorgo colectadas no coinciden con datos publicados a nivel nacional por Cazzuli et al. (2019), que reporta para el caso del sorgo, 2,8% y 97,2% de restos secos y verde (MS), respectivamente siendo la MS verde compuesta por 29,4% hoja, 69,2% tallo y 1,2% panoja.

Para el periodo 1 (PI) donde la ganancia media diaria para los testigos fue inferior a lo reportado por diversos autores Rovira y Echeverría (2013), Cazzuli et al. (2019), Lagomarsino et al. (2019), Casanova (2020) posiblemente haya sido el resultado de las características particulares de la pastura en cuanto a baja proporción de forraje verde disponible el cual pudo haber repercutido negativamente en el consumo y este en el aporte total de energía y proteína, revirtiéndose esto en el periodo 2 (PII) donde la GMD y la características de la pastura alcanzaron valores similares a los reportados.

En relación a la composición química del forraje, comparada con los valores presentados por Casanova (2020) de sorgo forrajero en el verano 2020 y Kuchman Robaina et al. (2022) en el verano 2021 mostró menor contenido porcentual de cenizas (7,8 vs 13 y 11,5) y proteína cruda (7,28 vs 8,9 y 9,6). En lo que respecta a la fibra detergente neutro y fibra detergente ácida, el forraje presentó valores similares, variando entre 57 y 62,6 para FDN y entre 27,6 y 33,0 para FDA.

5.3. RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN CON GRANO DE LUPINO

La suplementación con grano de lupino mejoró muy significativamente la GMD de novillos pastoreando sorgo forrajero, registrándose en promedio una superioridad de 0,722 kg/d.

El suministro de suplemento no afectó la utilización del forraje de forma que, esta respuesta aparecería asociada a un efecto de adición del suplemento que habría contribuido al aumento de consumo de materia seca y de la EM.

En términos generales se puede decir que las ganancias medias registradas para el tratamiento testigo sin suplementación teniendo en cuenta los dos periodos, estuvieron dentro del rango reportado por diversos autores para pastoreos de verdes de verano (Rovira, 2002, Velazco et al., 2012, Lagomarsino et al., 2019, Casanova, 2020), difiriendo de los resultados obtenidos por (Vaz Martins et al., 2001, Berlangieri, 2008, Rovira y Echeverría, 2013) y experimento 1 año 2 de Lagomarsino et al. (2019), siendo estas últimas mayores que las obtenidas en este experimento. Posiblemente estas diferencias estén atribuidas a la carga animal utilizada. En el presente experimento la carga fue de 5,9 UG/ha similar a las cargas manejadas por (Rovira, 2002, Rovira y Echeverría, 2013, Lagomarsino et al., 2019) que variaron entre 5 y 6 UG/ha, mayores a la utilizada por Vaz Martins et al. (2001) (3,0 - 3,5 UG/ha). No obstante, Berlangieri (2008) reporta ganancias medias diarias de entre 740 y 930 gramos por día, con cargas entre 7,8 y 8,2 UG/ha, similar GMD reportadas por Rovira y Echeverría (2013) en torno a 950 g/d con cargas de 5,5 UG/ha.

A pesar de haber utilizado una carga alta, la oferta de forraje también fue alta por lo que podría el resultado estar mediado por dos factores más, condiciones ambientales y calidad de la pastura. Respecto al primero, el ITH pudo haber impactado sobre la producción animal particularmente en el mes de enero (PI), ya que como se aprecia en el cuadro N° 15, 55% de los días presentaron riesgo de estrés por calor ($ITH \geq 74$) (Eigenberg et al., 2005) pudiendo haberse reducido el consumo voluntario y aumentado los requerimientos de energía metabolizable de mantenimiento resultando en una reducción de la ganancia media diaria (Saravia et al., 2011).

Analizando este indicador dentro del horario de pastoreo (17:00 a 10:00), para el mes de enero (PI), se registró que el ITH promedio dentro de este fue mayor a 74 en un total de 13 días y 18 por debajo (Cuadro N° 16), reafirmando el

posible impacto de este sobre el consumo y consecuentemente sobre la performance animal para el periodo uno (PI).

Cuadro N° 15. Análisis de ITH en días como porcentaje del total

	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
ITH media diaria del periodo experimental	73,6	72,1	67,6	67,6
Días como % del total				
ITH ≤ 74	-	45%	84%	100%
ITH > 74 y < 79	100%	39%	16%	-
ITH ≥ 79 y < 84	-	16%	-	-
ITH ≥ 84	-	-	-	-

Mes de diciembre solo dos días, y mes de marzo seis días.

Cuadro N° 16. Análisis de ITH dentro del horario de pastoreo en días

Horario pastoreo	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
ITH media	74,9	72,9	69,0	69,0
ITH ≤ 74	1	18	23	6
ITH > 74 y < 79	1	12	2	0
ITH ≥ 79 y < 84	0	1	0	0
ITH ≥ 84	0	0	0	0

67 días en total. El mes de diciembre solo dos días, y mes de marzo seis días.

Conforme avanza el verano, los valores promedio de ITH disminuyen, y los días con riesgo de estrés calórico son cada vez menores, tanto para el promedio diario como para el promedio dentro del horario de pastoreo. Esta evolución favorable probablemente ha contribuido a mejorar significativamente la

GMD de los novillos del tratamiento testigo, aun cuando la calidad de la pastura en términos de aporte de proteína y DMS, con la GMD de los animales testigo en los dos subperiodos, la mejora en las condiciones ambientales predisponentes al estrés por calor mejora en el segundo respecto al primero multiplicándose por cinco, y este a su vez coincide con una mejor proporción de forraje verde.

La suplementación con grano de lupino a razón del 1% del peso vivo triplicó el valor de GMD promedio respecto a la observada testigo sin suplementar, siendo la respuesta a la suplementación mayor en PII que en PI.

Analizando los dos sub periodos por separados, se observa que el impacto de la disponibilidad y composición botánica que en conjunto las condiciones ambientales condicionaron la GMD en el primer periodo, se revierte en el segundo. Los parámetros ambientales, de la pastura y performance animales se tornan más similares en el segundo sub periodo a los ya citados anteriormente reportados por otros autores, particularmente la GMD mejora de 0,448 a 1,3 k/d para los suplementados, consecuentemente esto implica una mejora de 33% en la respuesta a la suplementación la cual cambia de 0,575 a 0,764 kg/d para el subperiodo 1 y 2 respectivamente.

La utilización del forraje no fue afectada por la suplementación, promedialmente fue de $53,3\% \pm 3,2$. Esto daría lugar al razonamiento de que si las condiciones de ingreso y salida no difirieron entre tratamientos, la utilización tampoco, por lo que las diferencias en la performance animal serían atribuibles a efectos fundamentalmente aditivos del suplemento, lo cual coincide a lo reportado por Lagomarsino et al. (2019).

La respuesta a la suplementación con grano de lupino resultó en 723 gramos/día por encima del testigo sin suplementar independiente a su procesamiento, similar a la respuesta obtenida por Cassanova (2020) con DDGS como suplemento, que fue de 830 g/d para el mismo nivel de suplementación, y muy superior a los resultados publicados por Lagomarsino et al. (2019) suplementando con expeller de girasol de 344 g/d de respuesta respecto al

testigo. Posiblemente la similitud de resultados entre el uso de DDGS y lupino radiquen en que ambos son suplementos con alto contenido de energía altamente digestible de origen no almidonoso y alto contenido de proteína, y estos difieran del expeller de girasol por el menor aporte de energía y proteína de este.

Los valores de consumo de suplemento son acordes a lo esperado, dado que el mayor consumo en el subperiodo 2 acompaña el aumento del peso vivo de los animales.

En lo que respecta a la eficiencia de conversión global del suplemento (1 a 67 d) esta resultó de 4,4 kg de suplemento en base seca por kg de peso vivo adicional con relación al testigo, aproximada pero menor a la obtenida por Casanova (2020) de 3,1:1 con DDGS. Posiblemente, las diferencias entre estos dos suplementos puedan estar parcialmente explicada por el tipo de proteína. La degradabilidad ruminal de la proteína del lupino es mayor a la del DDGS, por ende a un similar nivel de PC % la fracción de PNDR que llega al intestino es menor, resultando en una baja eficiencia en el uso del nitrógeno (Gutierrez-Ornelas y Klopfenstein, 1991).

En el caso de los tres experimentos publicados por (Lagomarsino et al. 2019) los resultados para el año tres fueron los siguientes, expeller de girasol 9,8; afrechillo de arroz 8,1 y grano de maíz 8,4 kg de sup. por cada kg de PV, todos valores mayores a los obtenidos en este experimento, por lo tanto, menos eficientes en la conversión.

Beretta et al. (2008) para asignaciones de forraje de 3, 6 y 9% en verano en novillos de 280 kg de peso vivo pastoreando praderas mezcla de gramíneas y leguminosas, reportaron una eficiencia de conversión de 6:1, 9:1 y 45:1 respectivamente, evidenciando que para obtener buena eficiencia de conversión del concentrado hay que trabajar a bajas asignaciones, no obstante, estas son superiores a las obtenidas y por lo tanto menos eficientes.

Se puede concluir que el efecto del suplemento en este experimento fue fundamentalmente aditivo, por lo que, al no registrarse sustitución de forraje por suplemento, la eficiencia de conversión del suplemento se vio mejorada respecto a otros tipos de suplemento ya que los suplementados recibieron una dieta más alta en energía y proteína. Posiblemente este efecto está ligado al tipo de suplemento, particularmente por el alto aporte de energía de alta digestibilidad y alto aporte de proteína.

En lo que respecta a la composición química del grano de lupino utilizado en la suplementación se destaca un elevado nivel de PC. No obstante, el mismo es de menor valor (27,34 %) respecto al reportado por Van Barneveld (1999) y Petterson (2000) el cual presenta valores en torno a 35%.

5.4. EFECTO DEL PROCESAMIENTO DEL GRANO SOBRE LA RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN

El quebrado del grano de lupino no afectó la respuesta a la suplementación respecto al grano ofrecido entero (0,769 vs 0,675; Cuadro N° 10), ni a la eficiencia de conversión del suplemento, lo cual lleva a rechazar la hipótesis planteada en cuanto a que dicha respuesta podría variar dependiendo del grado de procesamiento del grano.

Los resultados obtenidos son consistentes con los reportados por diversos autores en condiciones de estabulación (Hawthorne y Fromm, 1977, Axelsen et al., 1979, May y Barker, 1984, Rojas y Catrileo, 1998). Sin embargo, contrariamente a lo obtenido en el presente trabajo, Valentine y Bartsch (1986), quienes trabajando con vacas lecheras alimentadas con pastura de avena y paja de cereales, utilizando al lupino entero o molido como suplemento sí encontraron diferencias concluyendo que el procesamiento es esencial para el buen aprovechamiento del mismo.

May y Barker (1984) mencionan una tendencia a mejores resultados por efecto de moler el grano sin ser diferencias significativas, para el caso evaluado, los resultados son claros y no se encontraron tendencias a favor o en contra por efecto del procesamiento del grano.

Este aumento de peso fue similar para entero y quebrado por ende no presentaron diferencias significativas en el consumo de suplemento ya que casi no se registraron rechazos. Mediante la tasa de consumo podemos inferir que no hubo grandes dificultades para el consumo de suplemento ya que estas fueron por encima del 80% del total ofrecido en la primera hora tanto para el grano entero como quebrado.

En lo que respecta a la presencia de grano entero en heces, los valores obtenidos en este experimento fueron menores a los publicados por Valentine y Bartsch (1986), 14,8% y 24% respectivamente, a su vez difieren de los obtenidos por Rojas y Catrileo (1998) y Rojas et al. (2011a), las cuales fueron de 5,5 y 3% respectivamente. Las diferencias podrían estar determinadas por el tamaño animal, nivel de suplementación y naturaleza del forraje base como plantean Valentine y Bartsch (1986).

El grano entero excretado en heces difirió en su peso grano seco respecto del grano entero seco, esto estaría indicando una digestión parcial del mismo.

Y por último tanto para el periodo I y como para el periodo II la eficiencia de conversión del suplemento no fue afectada significativamente por el procesamiento del grano acorde a lo reportado por la mayoría de los trabajos revisados (Hawthorne y Fromm, 1977, Axelsen et al., 1979, May y Barker, 1984, Rojas y Catrileo, 1998). Se registró una mejora de la ECS entre el periodo 1 y 2, mejorando en un 41% tanto para entero como para grano quebrado en el PII.

5.5. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

Los resultados obtenidos en este experimento permiten estimar y proyectar con cierto grado de certeza el peso vivo al inicio del otoño, y afirmar que un novillo suplementado con grano de lupino se encuentra en el final del verano con 65 kg de PV más respecto a un animal sin suplementar. En adición a esto, se proporciona un coeficiente técnico que permite el cálculo del precio de equilibrio del grano de lupino tanto para el negocio del ganadero, respecto a otros suplementos, como para el negocio agrícola que tiene posibilidad de producir este para la venta.

6. CONCLUSIÓN

Novillos Hereford 270 kg \pm 52 kg de PV pastoreando sorgo forrajero BMR con una asignación de forraje del 8% del peso vivo, registran una ganancia media diaria de 0,229 kg. Cuando se los suplementa con grano de lupino dulce (*Lupinus angustifolius*) a razón del 1% del PV diario registran una respuesta en torno a 0,723 kg/d.

El quebrado del grano de lupino no repercute en beneficios en la respuesta a la suplementación, por lo cual se podría suministrar entero esperando una eficiencia de conversión del suplemento de 4,4 kg de suplemento base seca por kg de peso vivo adicional.

7. RESUMEN

El trabajo presentado fue realizado en la estación de verano, entre el 30 de diciembre de 2021 y el 7 de marzo de 2022, en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (E.E.M.A.C.) de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, ubicada en el departamento de Paysandú, Uruguay. Tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con grano de lupino (*Lupinus angustifolius*) ofrecido entero o quebrado, sobre la performance productiva y eficiencia uso del alimento en novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero BMR. Cincuenta y cuatro (54) novillos Hereford de 270 kg \pm 52 kg de peso vivo (PV), fueron bloqueados por peso vivo (livianos, medianos y pesados) y asignación al azar dentro de cada bloque a uno de los tres tratamientos: pastoreo de sorgo forrajero BMR sin suplementación (testigo, t); pastoreo de sorgo más suplementación con grano de lupino entero (E) o quebrado (Q) ofrecido a razón de 1% del PV, cada tratamiento quedó constituido por tres repeticiones, cada repetición con 6 novillos pastoreando una parcela independiente. Los animales pastoreaban en franjas semanales con una asignación de forraje de 8% de PV, siendo diariamente trasladado a un encierro con agua y sombra entre las 10:00 a 17:00 h. La suplementación, mejoró la ganancia media diaria (GMD) independientemente del proceso, respecto al tratamiento testigo, registrando una respuesta de 0,723 kg/d más para los animales suplementados. Los tres tratamientos se encontraron en igualdad de condiciones de forraje disponible, altura y composición botánica (p-valor>0,05), a su vez, no se registraron diferencias en los remanentes entre tratamientos por lo que la respuesta a la suplementación fue de tipo aditivo. Las GMD fueron 0,905a - 0,999a - 0,229b kg/a/d para los tratamientos E, Q y T respectivamente, resultando en una eficiencia de conversión (ECS) de 4,4:1. El procesamiento del grano no afectó la GMD, (p-valor>0,05) ni en la ECS 4,6 y 4,1 respectivamente (p-valor>0,05). Mediante el conteo y peso de granos/fragmentos en heces, se determinó para el tratamiento E y Q, 7,8% y 0,14% de grano entero en heces, siendo estos valores diferentes entre sí (p-valor<0,05). Asimismo, para el caso del tratamiento E se constató que el peso del grano seco colectado en heces fue significativamente inferior al peso del grano seco ofrecido, evidenciando una digestión parcial del 60% en los granos aparentemente enteros. Finalmente, la tasa de consumo, no difirió entre los tratamientos suplementados (p-valor>0,05).

Palabras clave: novillos; verano; sorgo forrajero; suplementación; lupino; procesamiento del grano; entero o quebrado

8. SUMMARY

The work presented was carried out in the summer season, between December 30, 2021 and March 7, 2022, at the Mario A. Cassinoni Experimental Station (E.E.M.A.C.) of the Faculty of Agronomy, University of the Republic, located in the department of Paysandú, Uruguay. Fifty-three (53) Hereford steers of 270 kg \pm 52 kg LW at a stocking rate of 5.9 UG/ha, randomly distributed and stratified according to their weight, were assigned to three treatments in a randomized block design (DBCA). The witness treatment (T) group that were only in night grazing in weekly strips of forage sorghum BMR assigned to 8% of live weight, being confined with water and shade while the maximum ITH schedule, from 10:00 to 17:00; a second whole lupin treatment (E) where the animals were in the same conditions as the witness with the difference that during the confinement time, they were supplemented at a rate of 1% of the daily LW with whole grain of *Lupinus angustifolius*; and the third hammermill lupin treatment (Q) in the same way as the previous one with the only difference that the grain was offered hammermill. The effect of supplementation was studied, this being the average daily gain (ADG) of the whole and hammermill treatments, compared to the witness treatment, the result being 0.723 kg/d more for the supplemented animals. The three treatments were found in equal conditions of available forage, height and botanical composition (p -value > 0.05), in turn, no differences were recorded in the remnants between treatments, so the response to supplementation was additional. The ADGs were 0.905a - 0.999a - 0.229b kg/a/d for treatments E, Q and T respectively, resulting in a conversion efficiency (ECS) of 4.4:1. The effect of grain processing did not show impacts on ADG, these being non-significant between E and Q (p -value > 0.05) or in ECS 4.6 and 4.1, respectively. By counting and weight of grains/fragments in feces, it was determined for treatment E and Q, 7.8 and 0.14% of grain in feces, these values being significantly different from each other (p -value < 0.05), In the case of treatment E, it was found that the weight of the dry grain offered and the weight of the dry grain collected in feces differ statistically, stating a partial digestion of 60%. Finally, the consumption rate of the supplement measured as a % of offered and as kg in the first hour did not differ between the supplemented treatments (p -value > 0.05).

Keywords: steers; summer; forage sorghum; supplementation; lupin; grain processing; whole or hammermill

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alderman, G.; Cottrill, B. R. eds. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford, CAB International. 159 p.
2. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. vol. 1, 196 p.
3. Axelsen, A.; Nadin, J. B.; Crouch, M.; Edwards, C. B. H. 1979. Feeding whole or cracked wheat or lupins to beef cattle, and a comparison between whole wheat and oats. (en línea). Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 19(100): 539 - 546. Consultado 23 nov. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1071/ea9790539>
4. Baharudin, S. 2016. The effects of heat treatment and processing techniques on the quality of australian sweet lupin (*Lupinus Angustifolius*) flour. Doctoral Thesis. Perth, Australia. Curtin University. School of Public Health. 185 p.
5. Barbera, P.; Benítez, J. 2016. Sorgo forrajero para pastoreo. Mercedes, INTA. 16 p. (Serie Técnica no. 53).
6. Bartaburu, S.; Cooper Xavier, P.; Lanfranconi Pereira, M.; Olivera Uriarte, L. 2003. Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando pasturas de calidad en el período otoño-invernal. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 81 p. Consultado 30 ago. 2022. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/28044>
7. Beretta, V.; Simeone, A.; Elizalde, J. C. 2008. Manejo de animales en engorde durante el verano. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10^a, 2008, Paysandú, UY). Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Paysandú, UPIC. pp. 29 - 31.
8. _____.; _____.; Bentancur, O. 2013. Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 17(1):

131 - 140. Consultado 3 jul. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.31285/AGRO.17.527>

9. _____.; _____.; 2019. Aprendiendo a usar el DDGS en condiciones de pastoreo: un suplemento que llegó para quedarse. *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (21^{a.}, 2019, Paysandú, UY). Un mediocampo para ganar el partido de la rentabilidad. Paysandú, UPIC. pp. 16 - 53.
10. _____.; _____.; 2021. Grano de Lupino: explorando un nuevo alimento para la ganadería Uruguaya *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (22^{a.}, 2021, Paysandú, UY). Nuevos datos para una ganadería más eficiente. Paysandú, UPIC. pp. 26 - 63.
11. Berlangieri, M. S. 2008. Efecto del manejo y el material genético en la productividad de sorgo forrajero bajo pastoreo. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 150 p. Consultado 18 ago. 2022. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/24891>
12. Brand, T. S.; Franck, F.; Coetzee, J. 1999. Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture for sheep: 2. Production and nutritional status of ewes with or without lupin (*Lupinus albus*) supplementation. (en línea). *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 42(4): 467 - 474. Consultado 30 ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1080/00288233.1999.9513396>
13. Capó, M.; Senosiaín, V. 2015. Efecto de diferentes medidas de mitigación del estrés calórico sobre el comportamiento y desempeño productivos de vacas lecheras en Colonia, Uruguay. Tesis Dr. Ciencias Veterinarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 61 p.
14. Casanova, D. 2020. Efecto de la suplementación con DDGS y el encierro diurno sobre el comportamiento productivo de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero. (en línea). Tesis Mag. Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 110 p. Consultado 1 jul. 2022. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/30153>

15. Castilho, J. 2012. Desempenho de bovinos de corte terminados em pastagem de sorgo com suplementação de farelo de trigo e de arroz integral. Trabalho de Conclusão (Graduação). Dom Pedrito, Brasil. Universidade Federal do Pampa. 30 p.
16. Cazzuli, F.; Lagomarsino, X.; Luzardo, S.; Montossi, F. 2019. ¿Existe respuesta a la suplementación estratégica en novillos de recría pastoreando sudangrás y sorgo forrajero? (en línea). Agro Sur. 47(2): 7 - 17. Consultado 1 jul. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.4206/agrosur.2019.v47n2-02>
17. Crempien, C. 1983. Antecedentes técnicos y metodología básica para utilizar en presupuestación en establecimientos ganaderos: bovinos para carne y ovinos. Montevideo, Hemisferio Sur. 72 p.
18. Cruz, G.; Saravia, C. 2008. Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 12(1): 56 - 60. Consultado 5 jul. 2022. Disponible en <https://agrocienciauruguay.uy/index.php/agrociencia/article/view/745/778>
19. Damonte, I.; Irazábal Dabezies, G.; Reinante Brusa, R.; Shaw Bellati, M. 2004. Efecto de la asignación de forraje y de la suplementación con grano de maíz entero o molido sobre la performance de novillos Hereford pastoreando verdes durante el otoño. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 151 p. Consultado 31 ago. 2022. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/25452>
20. Eigenberg, R. A.; Brown-Brandl, T. M.; Nienaber, J. A.; Hahn, G. L. 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle: Part 2: Predictive relationships. (en línea). Biosystems Engineering. 91(1): 111 - 118. Consultado 11 ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.02.001>
21. Ephrem, N.; Tegegne, F.; Mekuriaw, Y.; Yeheyis, L. 2015. Nutrient intake, digestibility and growth performance of Washera lambs supplemented with graded levels of sweet blue lupin (*Lupinus angustifolius* L.) seed. (en línea). Small Ruminant Research. 130: 101 - 107. Consultado 1

- jul. 2022. Disponible en
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.07.019>
22. FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, ES). 2011. Granos y solubles de maíz (DDGS) 12,5 EE - 3,5% Almidón. (en línea). Madrid. s.p. Consultado 23 mar. 2022. Disponible en http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/granos-y-solubles-de-ma%C3%ADz-ddgs-calidad-media-actualizado-nov-2011
23. _____. 2019. Altramuz australiano. (en línea). Madrid. s.p. Consultado 23 mar. 2022. Disponible en http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/altramuz-australiano
24. Fernández Mayer, A. E.; Stuart, R. J.; Chongo, B.; Martin, P. C. 2011. Ceba pastoril con sorgos nevadura marrón o BMR (Brown Middle Rib) como forraje fresco. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 45(3): 251 - 256.
25. _____.; Chiatellino, D. 2014. Engorde pastoril con sorgos nevadura marrón o BMR como forraje fresco. (en línea). Desafío 21. no. 38 : 23 - 25. Consultado 5 set. 2022. Disponible en <http://repositorio.inta.gob.ar:80/handle/20.500.12123/3502>
26. Ferrari, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. (en línea). Montevideo, MAP. s.p. Consultado 16 ago. 2022. Disponible en <http://190.64.49.78:8080/jspui/handle/123456789/5486>
27. Guillaume, B.; Otterby, D. E.; Linn, J. G.; Stern, M. D.; Johnson, D. G. 1987. Comparison of sweet white lupin seeds with soybean meal as a protein supplement for lactating dairy cows. (en línea). Journal of Dairy Science. 70(11): 2339 - 2348. Consultado 1 jul. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80294-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80294-1)
28. Gutierrez-Ornelas, E.; Klopfenstein, T. J. 1991. Changes in availability and nutritive value of different corn residue parts as affected by early and late grazing seasons. Journal of Animal Science. 69(4): 1741 - 1750.
29. Hawthorne, W. A.; Fromm, G. M. 1977. Effect of hay plus crushed or whole lupin grain on the growth and carcass fat cover of heifers and lambs. (en línea). Australian Journal of Experimental Agriculture. 17(85): 230 -

233. Consultado 2 set. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1071/ea9770230>
30. _____. 1980. Lupin grain as a supplement for grazing or penned steers. Proceedings of the Australian Society of Animal Production. 13: 289 - 292.
31. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15(76): 663 - 670.
32. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). s.f. Tablas estadísticas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
33. Kuchman Robaina, F.; Mattos Curbelo, G.; Thevenet Rodríguez, J. 2022. Impacto productivo del acceso a sombra en la parcela de pastoreo de sorgo forrajero tendiente a mitigar el efecto del estrés por calor en novillos Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 89 p.
34. Lagomarsino, X.; Cazzuli, F.; Luzardo, S.; Montossi, F. 2019. Resultados experimentales. *In*: Montossi, F.; Cazzuli, F.; Lagomarsino, X. eds. Sistemas de engorde de novillos sobre verdes anuales estivales en la región de basalto. (en línea). Montevideo, INIA. pp. 25 - 84. (Serie técnica no. 230). Consultado dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.35676/INIA/ST.230>
35. Latimer, G. ed. 2012. Official methods of analysis of AOAC International. 19th. ed. Gaithersburg, AOAC International. 2 vol.
36. Leborgne, R. 1983. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. Montevideo, Hemisferio Sur. 54 p.
37. May, P. J.; Barker, D. J. 1984. Milling barley and lupin grain in diets for cattle. (en línea). Animal Feed Science and Technology. 12(1): 57 - 64. Consultado 5 jul. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(84\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0377-8401(84)90036-1)
38. Mera, M. ed. 2016. Especies de lupino y su utilización. *In*: Lupino dulce y amargo producción en Chile. Temuco, INIA. pp. 8 - 26.

39. Montossi, F.; Soares de Lima, J.; Cuadro, R. 2020. Uso estratégico de sorgos forrajeros y suplementación en sistemas ganaderos: una alternativa tecnológica INIA para acelerar la recría estival de novillos. *Revista INIA*. no. 62: 9 - 13.
40. Morcombe, P. W.; Allen, J. G. 1993. Improving production from September-born Merino lambs with a lupin grain supplement and phomopsis-resistant lupin stubbles. (en línea). *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 33(6): 713 - 719. Consultado 31 ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1071/ea9930713>
41. Morgan, C. A.; Campling, R. C. 1978. Digestibility of whole barley and oat grains by cattle of different ages. *Animal Science*. 27(3): 323 - 329.
42. NRC (National Research Council, US). 1996. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7th. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 242 p.
43. Obeidat, B. S.; Kridli, R. T.; Ata, M.; Mahmoud, K. Z.; Bartlewski, P. M. 2021. Nutrient intake, in vivo digestibility, growth performance and carcass quality of growing lambs fed concentrate diets containing sweet lupin grain (*Lupinus angustifolius*). (en línea). *Small Ruminant Research*. 204: 106510. Consultado 30 jun. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106510>
44. Orskov, E. R.; Fraser, C.; Gordon, J. G. 1974. Effect of processing of cereals on rumen fermentation, digestibility, rumination time, and firmness of subcutaneous fat in lambs. (en línea). *British Journal of Nutrition*. 32(1): 59 - 69. Consultado 30 ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1079/BJN19740058>
45. _____. 1982. *Protein nutrition in ruminants*. London, Academic Press. 160 p.
46. Petterson, D. S. 2000. The use of lupins in feeding systems: review. (en línea). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 13(6): 861 - 882. Consultado 24 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.5713/ajas.2000.861>
47. Ragni, M.; Colonna, M. A.; Lestingi, A.; Tarricone, S.; Giannico, F.; Marsico, G.; Facciolongo, A. M. 2018. Effects of protein sources on performance, carcass composition, blood parameters and meat quality in Charolais heifers. (en línea). *South African Journal of Animal Science*. 48(4):

683 - 694. Consultado 4 jul. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i4.10>

48. Rojas, C.; Catrileo, A. 1998. Grano de lupino blanco (*Lupinus albus*) y australiano (*Lupinus angustifolius*) entero o chancado, en la engorda invernal de novillos. (en línea). *Agro Sur*. 26(2): 70 - 77. Consultado 6 jul. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.4206/agrosur.1998.v26n2-08>
49. _____.; _____.; Hormazábal G. W. 2011a. Evaluación productiva y económica de urea, grano de lupino, expeller de maní y afrecho de soya en raciones de engorda de vaquillas. (en línea). *Agro Sur*. 39(1): 57 - 67. Consultado 5 jul. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.4206/agrosur.2011.v39n1-06>
50. _____.; _____.; Grez, T. 2011b. Evaluación productiva y económica del uso de grano entero de avena (*Avena sativa* L.) y lupino australiano (*Lupinus angustifolius* L.) en raciones de engorda invernal de vaquillas. (en línea). *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*. 27(1): 41 - 48. Consultado 5 jul. 2022. Disponible en <http://revistas.udec.cl/index.php/chjaas/article/view/6254>
51. Rovira, P. J. 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. In: *Jornada Anual de Producción Animal (2002, Treinta y Tres, UY)*. Resultados experimentales. Treinta y Tres, INIA. pp. 87 - 103. (Actividades de Difusión no. 294).
52. _____.; Echeverría, J. 2013. Desempeño productivo de novillos pastoreando sudangras o sorgo forrajero nervadura marrón (BMR) durante el verano. (en línea). *Revista Veterinaria*. 24(2): 91 - 96. Consultado 1 jul. 2022. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1669-68402013000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
53. Rowe, J.; Ferguson, J. 1986. Lupin grain as a supplement to sheep grazing cereal stubble. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 16: 343 - 346.
54. _____.; Brown, G.; Ralph, I.; Ferguson, J.; Wallace, J. 1989. Supplementary feeding of young Merino sheep, grazing wheat stubble, with different amounts of lupin, oat or barley grain. (en línea). *Australian Journal of*

- Experimental Agriculture. 29(1): 29 - 35. Consultado 8 set. 2022.
Disponible en <https://doi.org/10.1071/EA9890029>
55. Saravia, C.; Astigarraga, L.; Van Lier, E.; Bentancur, O. 2011. Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto (Uruguay). *Agrociencia* (Uruguay). 15(1): 93 - 102.
56. Simeone, A. 2000. Producción intensiva de carne (II). *Revista de FUCREA*. no. 205: 16 - 19.
57. Stockdale, C. R. 1999. Effects of cereal grain, lupins-cereal grain or hay supplements on the intake and performance of grazing dairy cows. (en línea). *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 39(7): 811 - 817. Consultado 30 ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1071/EA99073>
58. Ustarroz, E.; De León, M. s.f. Utilización de pasturas y suplementación con granos en invernada. Argentina, s.e. s.p. (en línea). Consultado 31 ago. 2022. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/77-pasturas_y_suplementacion_en_invernada.pdf
59. Valentine, S. C.; Bartsch, B. D. 1986. Digestibility of dry matter, nitrogen and energy by dairy cows fed whole or hammermilled lupin grain in oaten hay or oaten pasture based diets. (en línea). *Animal Feed Science and Technology*. 16(1-2): 143 - 149. Consultado 31 ago. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(86\)90057-X](https://doi.org/10.1016/0377-8401(86)90057-X)
60. Van Barneveld, R. J. 1999. Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency. (en línea). *Nutrition Research Reviews*. 12(2): 203 - 230. Disponible en <https://doi.org/10.1079/095442299108728938>
61. Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10): 3583 - 3597.
62. _____. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd. ed. Ithaca, Comstock. 476 p.
63. Vaz Martins, D.; Seigal, E.; Pittaluga, O. 2001. Producción de carne con sudangrass dulce, híbrido de sudangrass por sorgo granífero y sorgo

doble propósito. In: Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (17^a., 2001, La Habana, CUB). Trabajos presentados. La Habana, ALPA. pp. 1 - 4.

64. Velazco, J.; Esquivel, J.; Rovira, P. 2012. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangrás durante el verano. In: Rovira, P. J. ed. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangrás durante el verano. Montevideo, INIA. pp. 45 - 57. (Serie técnica no. 202).
65. Vicenti, A.; Toteda, F.; Turi, L. D.; Cocca, C.; Perrucci, M.; Melodia, L.; Ragni, M. 2009. Use of sweet lupin (*Lupinus albus* L. var. Multitalia) in feeding for Podolian young bulls and influence on productive performances and meat quality traits. (en línea). *Meat Science*. 82(2): 247 - 251. Consultado 1 jul. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.018>

9. ANEXO

Anexo 1. Foto tomada el día 12 de Enero de 2022 (Semana 2)



Anexo 2. Estimadores disponibles, rechazo y altura para cada semana

	Disponible (kg MS/ha)	EE	Altura disponible (cm)	EE	Rechazo (kg MS/ha)	EE	Altura remanente (cm)	EE	Utilización (%)	EE
Semana 1	11.897 b	868	61,0 e	2,41	4.532 bc	355	28,6 c	2,52	54,3 ab	4,85
Semana 2	5.254 c	868	58,3 e	2,41	3.547 c	355	18,5 cd	2,52	27,4 c	4,85
Semana 3	6.284 c	868	60,6 e	2,41	3.509 c	355	13,5 d	2,52	44,6 bc	4,85
Semana 4	10.774 b	868	73,9 d	2,41	3.587 c	355	27,9 c	2,52	66,8 a	4,85
Semana 5	12.248 b	868	110,5 c	2,41	3.668 c	355	21,9 cd	2,52	68,2 a	4,85
Semana 6	14.348 ab	868	139,0 b	2,41	5.479 b	355	49,4 b	2,52	61,3 ab	4,85
Semana 7	16.064 a	868	166,2 a	2,41	7.841 a	355	61,3 a	2,52	50,6 ab	4,85

Significancia refiere entre semanas.

Anexo 3. Estimadores de disponible en kg de MS/ha para cada tratamiento en cada semana

Disponible (kg MS/ha)	Tratamiento				p-valor
	Entero	Quebrado	Testigo	EE	Sig. (entre tratamientos)
Semana 1	9.679	12.023	13.988	1.504	ns
Semana 2	4.987	4.629	6.148	1.504	ns
Semana 3	5.688	6.490	6.674	1.504	ns
Semana 4	11.617	10.767	9.939	1.504	ns
Semana 5	14.596	12.100	10.046	1.504	ns
Semana 6	14.394	14.979	13.669	1.504	ns
Semana 7	15.456	16.880	15.856	1.504	ns

Significancia refiere entre tratamientos dentro de una misma semana.

Anexo N° 4. Valores promedio de peso vivo para cada tratamiento y fecha de pesada, error estándar y significancia

	Tratamiento				Sig.
	Entero	Quebrado	Testigo	EE	
P 1 - 30/12/22 (kg PV)	272,3	271,3	263,3	6,57	ns
P2 - 10/01/22 (kg PV)	279,7 a	276,7 a	260,3 b	5,18	*
P3 - 24/01/22 (kg PV)	281,7	284,7	260,0	7,82	ns
P4 - 07/02/22 (kg PV)	292,3 a	297,3 a	261,7 b	9,01	*
P5 - 21/02/22 (kg PV)	316,0 a	320,0 a	277,3 b	8,60	*
P6 - 07/03/22 (kg PV)	332,7 a	337,3 a	277,3 b	10,70	*

* p-valor <0,05 y ** p-valor <0,001

Anexo 5. Estimadores de altura en cm para cada tratamiento en cada semana

Altura disponible (cm)	Tratamiento			p-valor	
	Entero	Quebrado	Testigo	EE	<i>Sig. (entre tratamientos)</i>
Semana 1	58,7	60,7	63,6	4,17	<i>ns</i>
Semana 2	57,1	56,1	61,7	4,17	<i>ns</i>
Semana 3	9,2	60,9	61,5	4,17	<i>ns</i>
Semana 4	76,5	73,2	71,9	4,17	<i>ns</i>
Semana 5	119,7	109,7	102,2	4,17	<i>ns</i>
Semana 6	139,0	141,3	136,6	4,17	<i>ns</i>
Semana 7	164,2	168,7	165,7	4,17	<i>ns</i>

Significancia refiere entre tratamientos dentro de una misma semana.

Anexo 6. Estimadores de remanente en kg MS/ha para cada tratamiento en cada semana

Rechazo (kg MS/ha)	Tratamiento			p-valor	
	Entero	Quebrado	Testigo	EE	<i>Sig. (entre tratamientos)</i>
Semana 1	5.179	3.693	4.725	615	<i>ns</i>
Semana 2	3.637	3.499	3.506	615	<i>ns</i>
Semana 3	2.814	3.344	4.370	615	<i>ns</i>
Semana 4	4.150	3.347	3.266	615	<i>ns</i>
Semana 5	3.979	3.743	3.284	615	<i>ns</i>
Semana 6	5.489	4.961	5.989	615	<i>ns</i>
Semana 7	8.085	7.817	7.623	615	<i>ns</i>

Significancia refiere entre tratamientos dentro de una misma semana.

Anexo 7. Estimadores de altura de remanente en cm para cada tratamiento en cada semana

Altura remanente (cm)	Tratamiento			p-valor	
	Entero	Quebrado	Testigo	EE	<i>Sig. (entre tratamientos)</i>
Semana 1	34,3	22,6	29,1	4,36	<i>ns</i>
Semana 2	21,8	17,5	16,3	4,36	<i>ns</i>
Semana 3	6,7	13,5	20,4	4,36	<i>ns</i>
Semana 4	29,1	27,6	27,0	4,36	<i>ns</i>
Semana 5	23,3	22,3	19,9	4,36	<i>ns</i>
Semana 6	49,3	45,3	53,7	4,36	<i>ns</i>
Semana 7	65,0	59,8	59,1	4,36	<i>ns</i>

Significancia refiere entre tratamientos dentro de una misma semana.

Anexo 8. Estimadores de utilización en porcentaje (%) para cada tratamiento en cada semana

Utilización (%)	Tratamiento			p-valor	
	Entero	Quebrado	Testigo	EE	Sig. (entre tratamientos)
Semana 1	40,9	65,2	56,7	8,39	ns
Semana 2	25,0	22,5	34,6	8,39	ns
Semana 3	50,5	48,6	34,8	8,39	ns
Semana 4	64,3	68,8	67,3	8,39	ns
Semana 5	72,6	69,3	62,6	8,39	ns
Semana 6	62,1	66,5	55,4	8,39	ns
Semana 7	47,2	53,4	51,3	8,39	ns

Significancia refiere entre tratamientos dentro de una misma semana.

Anexo 9. Resultados del análisis anova para la variable peso vivo

	p-valor	Bloque	Tratamiento
P 1 - 30/12/22 (kg PV)	0,0001		0,409
P2 - 10/01/22 (kg PV)	<.0001		0,0395
P3 - 24/01/22 (kg PV)	0,0003		0,0639
P4 - 07/02/22 (kg PV)	0,0005		0,032
P5 - 21/02/22 (kg PV)	0,0003		0,0139
P6 - 07/03/22 (kg PV)	0,0011		0,0087

Valores de p < a 0,05 implican diferencias significativas.

Anexo 10. Resultados del análisis químico del sorgo forrajero para la variable proteína cruda

PC%	Tratamiento			p-valor	
	Testigo	Entero	Quebrado	EE	<i>Sig. (entre tratamientos)</i>
Semana 2	8,9	8,5	8,5	0,08915	ns
Semana 5	8,4	8,4	8,4	0,08915	ns
Semana 8	4,7	4,8	4,8	0,08915	ns

Valores de $p < 0,05$ implican diferencias significativas.

Anexo 11. Resultados del análisis químico del sorgo forrajero para la variablea FDNmo.

aFDNmo%	Tratamiento			p-valor	
	Testigo	Entero	Quebrado	EE	<i>Sig. (entre tratamientos)</i>
Semana 2	61,4	59,1	58,8	0,4623	ns
Semana 5	36,8	63,6	63,7	0,4623	ns
Semana 8	60,7	60,6	60,5	0,4623	ns

Valores de $p < 0,05$ implican diferencias significativas.

Anexo 12. Resultados del análisis químico del sorgo forrajero para la variable FDAmo

FDAmo%	Tratamiento			p-valor	
	Testigo	Entero	Quebrado	EE	<i>Sig. (entre tratamientos)</i>
Semana 2	29,8	28,7	28,6	0,2927	ns
Semana 5	32,6	32,9	32,8	0,2927	ns
Semana 8	31,1	31,4	30,9	0,2927	ns

Valores de $p < 0,05$ implican diferencias significativas.

Anexo 13. Resultados del análisis químico del sorgo forrajero para la variable digestibilidad

Dig MS%	Tratamiento			p-valor	
	Testigo	Entero	Quebrado	EE	<i>Sig. (entre tratamientos)</i>
Semana 2	59,8	60,9	61,0	0,2999	ns
Semana 5	57,1	56,8	56,9	0,2999	ns
Semana 8	58,5	58,3	58,8	0,2999	ns

Valores de $p < 0,05$ implican diferencias significativas.

Anexo 14. Resultados del análisis químico del sorgo forrajero para la variable cenizas

C%	Tratamiento			EE	p-valor
	Testigo	Entero	Quebrado		<i>Sig. (entre tratamientos)</i>
Semana 2	8,2	7,9	7,9	0,1427	ns
Semana 5	9,1	9,5	9,3	0,1427	ns
Semana 8	8,6	8,7	8,6	0,1427	ns

Valores de $p < 0,05$ implican diferencias significativas.