

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON GRANO DE LUPINO (*LUPINUS  
ANGUSTIFOLIUS*) EN RÉGIMEN DE AUTOCONSUMO SOBRE LA  
PERFORMANCE DE NOVILLOS PASTOREANDO SORGO FORRAJERO**

**por**

**Emiliano GARCÍA BORGES  
Verónica MÉNDEZ COR  
Ezequiel NICORA BANAT**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2024**

**Página de aprobación**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

-----  
Ing. Agr. Virginia Beretta

-----  
Ing. Agr. Álvaro Simeone

Tribunal:

-----  
Ing. Agr. Virginia Beretta

-----  
Ing. Agr. Álvaro Simeone

-----  
Ing. Agr. Stefanía Pancini

Fecha:

27 de agosto de 2024

Estudiantes:

-----  
Emiliano García Borges

-----  
Verónica Méndez Cor

-----  
Ezequiel Nicora Banat

## Agradecimientos

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han sido fundamentales en la realización de este trabajo final de grado.

En primer lugar, a nuestras familias y amigos, quienes han sido nuestro pilar fundamental a lo largo de toda nuestra carrera. Su apoyo incondicional, cariño y motivación han sido la fuerza que nos impulsó a perseverar en cada etapa de este arduo camino académico.

Agradecemos especialmente a nuestros tutores, Virginia Beretta y Álvaro Simeone, por su invaluable colaboración y dedicación en la elaboración de este trabajo. Su guía y disposición fueron cruciales para alcanzar los estándares que nos propusimos.

A Diego Mosqueira, Victoria Burjel y Natalia Zabalveytia les estamos profundamente agradecidos por su generoso apoyo en las tareas de campo.

Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento a los funcionarios de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Su apoyo constante y asistencia técnica fueron determinantes durante la fase experimental, facilitando enormemente la ejecución y el desarrollo de nuestro proyecto.

No podemos dejar de mencionar a nuestros compañeros Hernán Pitta, Joaquín García y Carlos Peña, cuya colaboración fue una fuente constante de aliento y compañerismo durante las intensas jornadas de trabajo de campo. Su involucramiento y espíritu colaborativo fueron elementos clave para el éxito de este trabajo.

## Tabla de contenido

Página de aprobación.....	2
Agradecimientos.....	3
Lista de tablas y figuras.....	6
Resumen.....	8
Summary.....	9
1. Introducción.....	10
1.1. Objetivo general.....	11
1.2. Objetivos específicos.....	11
2. Revisión Bibliográfica.....	12
2.1. Problemática del Verano.....	12
2.1.1 Estrés calórico.....	13
2.2. Utilización de sorgo forrajero y la respuesta a la suplementación.....	15
2.3. El grano de lupino como suplemento energético-proteico.....	19
2.3.1 Descripción y composición química del lupino.....	19
2.3.2 Lupino en alimentación animal.....	21
2.3.3 Procesamiento del grano de lupino.....	24
2.4 Hipótesis.....	26
3. Materiales y métodos.....	27
3.1. Localización.....	27
3.2. Suelo.....	27
3.3. Pastura y suplementos.....	27
3.4. Animales.....	28
3.5. Tratamientos.....	28
3.6. Procedimiento experimental.....	29
3.6.1. Manejo del pastoreo.....	29
3.6.2. Manejo de encierre y suplementación.....	30
3.7. Registros y mediciones.....	31
3.7.1. En la pastura.....	31
3.7.2. Determinaciones realizadas en el animal.....	32
3.7.3. Registros meteorológicos.....	32
3.8. Variables calculadas.....	33
3.9. Análisis químicos.....	33
3.10. Análisis estadístico.....	33

4. Resultados.....	35
4.1. Registros climáticos .....	35
4.2. Características de la pastura.....	38
4.2.1 Composición botánica y química del forraje ofrecido .....	41
4.3. Performance animal .....	43
4.3.1. Evolución del peso vivo .....	43
4.3.2. Ganancia media diaria.....	44
4.4. Consumo y utilización del suplemento .....	45
4.4.1. Consumo horario del suplemento y comportamiento ingestivo en el corral (10:00 a 17:00 h). .....	46
4.4.2. Selección y comportamiento ingestivo en pastoreo (7:00 a 10:00 h y 17:00 a 20:00 h) .....	47
4.4.3 Patrón de defoliación de la pastura de sorgo forrajero (semanas 2 y 8).....	49
5. Discusión .....	52
5.1. Condiciones ambientales .....	52
5.2. Condiciones de la pastura .....	52
5.3 Performance animal .....	53
5.3.1 Comportamiento ingestivo en el corral .....	55
5.3.2 Comportamiento ingestivo en pastoreo.....	55
5.4. Implicancias prácticas.....	56
6. Conclusiones.....	57
7. Bibliografía.....	58
8. Anexos.....	67

## Lista de tablas y figuras

Tabla N°	Página
<b>Tabla 1</b> Composición química de <i>Lupinus angustifolius</i> .....	20
<b>Tabla 2</b> Resumen de trabajos nacionales evaluando el efecto de la suplementación con grano de lupino .....	24
<b>Tabla 3</b> Composición química del grano de lupino utilizado en el experimento .....	28
<b>Tabla 4</b> Registros climáticos promedios mensuales y datos históricos mensuales de INUMET.....	35
<b>Tabla 5</b> Promedios de ITH ajustado para ganado de carne por hora para el periodo experimental .....	37
<b>Tabla 6</b> Efecto tratamiento y semana sobre la biomasa y altura del forraje disponible, remanente y utilización.....	39
<b>Tabla 7</b> Composición química del forraje ofrecido de las semanas 2, 5 y 8 del experimento .....	43
<b>Tabla 8</b> Efecto de la suplementación con grano de lupino quebrado sobre la ganancia media diaria (GMD) .....	44
<b>Tabla 9</b> Actividad de pastoreo y rumia+descanso (expresada como la probabilidad de ocurrencia de cada actividad) .....	48
Figura N°	Página
<b>Figura 1</b> Mapa del potrero y distribución de las parcelas para cada bloque y tratamiento .....	29
<b>Figura 2</b> Esquema del corral de encierre y parcelas .....	30
<b>Figura 3</b> Rangos de ITH promedio diario como porcentaje de ocurrencia dentro de cada semana .....	38
<b>Figura 4</b> Evolución de la biomasa disponible y altura durante el periodo experimental para testigos y suplementados .....	40
<b>Figura 5</b> Evolución del remanente y altura durante el periodo experimental para testigos y suplementados .....	40
<b>Figura 6</b> Evolución de la utilización del forraje (%) durante el periodo experimental .	41
<b>Figura 7</b> Evolución de la composición botánica del forraje ofrecido en porcentaje (%) para semana 2 y 8 .....	42
<b>Figura 8</b> Efecto de la suplementación con grano de lupino quebrado sobre la evolución del peso vivo.....	44
<b>Figura 9</b> <i>Evolución semanal del consumo diario de lupino quebrado</i> .....	45

<b>Figura 10</b> Probabilidad de ocurrencia de cada actividad para testigos y suplementados .....	46
<b>Figura 11</b> Evolución horaria del consumo de suplemento durante el tiempo de permanencia en el encierro .....	47
<b>Figura 12</b> Composición botánica del forraje consumido según tratamiento para las semanas 2 y 8 del experimento .....	48
<b>Figura 13</b> Patrón horario de comportamiento ingestivo diurno en novillos pastoreando sorgo forrajero en dos turnos .....	49
<b>Figura 14</b> Evolución de la altura de la pastura en la semana 2 del experimento.....	50
<b>Figura 15</b> Evolución de la altura de la pastura en la semana 8 del experimento.....	50

## Resumen

El trabajo presentado fue realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, ubicada en el departamento de Paysandú, Uruguay. Se llevó a cabo entre el 10 de enero y el 7 de marzo de 2023. Con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación con grano de lupino (*Lupinus angustifolius*) quebrado, en régimen de autoconsumo sobre la performance productiva y eficiencia de uso del alimento en novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero. Sesenta y cuatro novillos Hereford de  $246 \pm 38$  kg de peso vivo (PV), fueron bloqueados por peso vivo (livianos, medianos y pesados) y asignados al azar dentro de cada bloque a uno de dos tratamientos: pastoreo de sorgo forrajero sin suplementación (testigo, T); pastoreo de sorgo más suplementación con grano de lupino quebrado ofrecido *ad libitum* (suplementado, S). Cada tratamiento quedó constituido por 3 repeticiones, cada una integrada por 10-11 novillos pastoreando una parcela independiente. Las variables de performance sobre las que se trabajó fueron ganancia de peso, consumo de materia seca, eficiencia de conversión, comportamiento ingestivo y patrón de consumo. Los animales pastoreaban en franjas semanales con una asignación de forraje de 8% de PV, siendo diariamente trasladados a un encierro con agua y sombra entre las 10:00 a 17:00 h, horario durante el cual tenían el acceso *ad libitum* al consumo de lupino. La suplementación no afectó la altura y composición botánica ( $p$ -valor $>0,05$ ) del forraje ofrecido. Tampoco fue afectada significativamente la actividad de pastoreo ni se detectaron diferencias en la utilización del forraje. La suplementación mejoró la ganancia media diaria (GMD) (0,971 vs. 0,554 kg/a/d,  $p$ -valor $>0,05$ ) resultando en una respuesta a la suplementación 0,417 kg/d más para los animales consumiendo lupino y una eficiencia de conversión del suplemento (ECS) de 6,8:1. El consumo de suplemento en régimen de autoconsumo fue de 1,03 % del peso vivo.

*Palabras clave:* vacunos, pastoreo, suplementación, lupino



## Summary

The presented work was carried out at the Mario A. Cassinoni Experimental Station (EEMAC) of the Faculty of Agronomy, University of the Republic, located in the department of Paysandú, Uruguay. It was conducted between January 10 and March 7, 2023, with the aim of evaluating the effect of supplementation with broken lupin grain (*Lupinus angustifolius*) under a self-feeding regime on the productive performance and feed efficiency of Hereford steers grazing on forage sorghum. Sixty-four Hereford steers weighing  $246 \pm 38$  kg of live weight (LW) were blocked by live weight (light, medium, and heavy) and randomly assigned within each block to one of two treatments: forage sorghum grazing without supplementation (control, C); grazing on sorghum plus supplementation with broken lupin grain offered *ad libitum* (supplemented, S). Each treatment consisted of 3 replicates, each composed of 10-11 steers grazing an independent plot. The performance variables evaluated were weight gain, dry matter intake, feed conversion efficiency, ingestive behavior, and consumption pattern. The animals grazed in weekly strips with a forage allocation of 8% of LW, being moved daily to a pen with water and shade from 10:00 to 17:00 h, during which time they had *ad libitum* access to lupin. Supplementation did not affect the height and botanical composition (p-value>0.05) of the offered forage. Grazing activity was not significantly affected, and no differences were detected in forage utilization. Supplementation improved average daily gain (ADG) (0.971 vs. 0.554 kg/a/d, p-value>0.05), resulting in a supplementation response of 0.417 kg/d more for the animals consuming lupin and a supplement conversion efficiency (SCE) of 6.8:1. Supplement intake under the self-feeding regime was 1.03% of live weight.

*Keywords:* cattle, grazing, supplementation, lupin

## 1. Introducción

En el verano de Uruguay, los sistemas ganaderos de engorde intensivo experimentan una disminución en la productividad debido a la pérdida de calidad de las pasturas y a condiciones climáticas desfavorables, como altas temperaturas y humedad. Esto provoca estrés calórico e impacta en la performance animal. Para enfrentar estos desafíos, se considera el uso de verdes de verano, como el sorgo forrajero, para aumentar las ganancias de peso vivo individual de bovinos y a su vez aumentar la capacidad de carga y productividad del predio (Rovira & Echeverría, 2013).

Sin embargo, al utilizar cargas animales elevadas (entre 5 y 6 unidades ganaderas por hectárea), se ha observado una reducción en las ganancias de peso individual, probablemente debido a una disminución en el consumo de energía y proteína (Rovira, 2002; Esquivel et al., 2007).

El sorgo forrajero presenta una limitante en términos de calidad debido a su bajo contenido de proteína. Esto puede tener un impacto negativo en el crecimiento y desarrollo de los microorganismos encargados de la digestión de la fracción fibrosa del forraje (Church, 1993), lo que a su vez afecta de manera desfavorable el consumo de alimento y desempeño animal (Raposo et al., 2015).

Conforme el sorgo forrajero avanza hacia la madurez, se observa una pérdida de valor nutritivo. La concentración de materia seca, proteína y la digestibilidad tiende a disminuir, mientras que la concentración de fibra aumenta (Amador & Boschini, 2000; Boschini & Amador, 2001; Elizondo, 2004; Fassio et al., 2002).

Debido a estas limitaciones se propone la suplementación con concentrados energéticos/proteicos como estrategia para aumentar el consumo total de energía y proteína, en la dieta de animales. Los suplementos no solo tienen un efecto directo de adición, sino que el aporte de la proteína mejora la velocidad de digestión ruminal de la pastura, lo que resulta en un mayor consumo (Baldi et al., 2001).

Catrileo y Rojas (1995) afirman que dentro de las diferentes alternativas de suplemento se encuentra el grano de lupino (*Lupinus angustifolius*) que se destaca por su alto valor nutricional y su calidad como alimento completo, ya que proporciona tanto energía como proteínas. Según indica Van Barneveld (1999) a diferencia de los granos de cereales, cuya principal fuente de energía es el almidón, el lupino se distingue por contener polisacáridos no almidonosos (NNP) como su principal fuente energética. Estos NNP, como la celulosa, hemicelulosa y pectinas, tienen una tasa de fermentación más baja que el almidón, lo que reduce el riesgo de acidosis, haciéndolo seguro para rumiantes en comparación con los granos de cereales convencionales.

Según Hill (2007) además de sus propiedades nutricionales, el lupino aporta cantidades significativas de proteína fácilmente degradables en el rumen, convirtiéndolo

en un alimento completo adecuado para diversos sistemas de producción debido a su perfil alimenticio.

Esta leguminosa anual invernal también juega un papel importante en las rotaciones agrícolas, ya que contribuye al suelo mediante la fijación de nitrógeno atmosférico, se adapta bien a suelos con baja disponibilidad de fósforo y permite un manejo eficiente de las malezas gramíneas mediante la inclusión de cultivos de hoja ancha (Catrileo & Rojas, 1995).

Con respecto al procesamiento del grano, optar por ofrecer el grano entero en lugar de quebrado podría disminuir la velocidad de descomposición. Sin embargo, la eficiencia en la utilización del suplemento a lo largo del sistema digestivo podría disminuir (Beretta, Simeone, Zabalveytia, Burjel, Acland et al., 2021). Acosta et al. (2022), reportan que cuando se usó grano de lupino como suplemento del sorgo forrajero no se detectó diferencias significativas asociadas al uso entero o quebrado, viabilizando su uso en comederos de autoconsumo.

El desarrollo e implementación de estrategias de alimentación y manejo, especializadas, que potencien la producción y maximicen la eficiencia de la producción de carne bovina, determinan mejoras en la productividad y eficiencia de la ganadería, disminuyendo la edad de faena (Soares de Lima et al., 2010).

### **1.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la suplementación con grano de lupino en régimen de autoconsumo 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.

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

Caracterizar el comportamiento animal y el aprovechamiento digestivo del alimento en cada tratamiento como variables interpretativas de la respuesta observada.

## 2. Revisión Bibliográfica

### 2.1. Problemática del Verano

En los sistemas ganaderos pastoriles del Uruguay existen dos problemáticas muy marcadas en verano, que impiden la expresión del potencial de crecimiento, consumo y ganancia de peso para animales vacunos, estas son el estrés calórico y la pérdida de calidad de la pastura.

Las altas temperaturas estivales acompañadas por una baja calidad de las pasturas explican en parte la respuesta diferencial que hay en ganancia de peso y eficiencia de conversión del alimento entre la estación de verano y las demás. Estas condiciones de temperaturas en verano pueden afectar negativamente el consumo de forraje y a la vez incrementar los costos de mantenimiento del animal, reduciendo la performance animal (Beretta et al., 2004).

En Uruguay, se observa una disminución significativa en la producción de carne durante los meses de verano en los sistemas intensivos de engorde de vacunos alimentadas sobre pasturas sembradas (Simeone, 2000).

La ingesta de alimento por parte de un animal de manera individual juega un papel de suma importancia en cómo el animal se desempeña en términos generales. Cuando se le proporciona una dieta específica, la productividad de un animal depende en más del 70% (Waldo, 1968), de la cantidad de alimento que sea capaz de consumir. Además, en menor medida, también influye la eficiencia con la que el animal procesa y utiliza los nutrientes que ha ingerido (Chilibroste, 2000).

Durante el verano, se suele notar una reducción en la cantidad y calidad de la producción en las pasturas cultivadas, específicamente en las combinaciones de gramíneas y leguminosas de climas templados. Esto a su vez conduce a una disminución significativa en las ganancias de peso de los bovinos en crecimiento, lo que impacta negativamente en la productividad de los sistemas intensivos de engorde de ganado de carne en Uruguay (Simeone, 2000).

Incluso cuando se manejan bajas cargas (ofertas de forraje de 9 kg de materia seca de pastura por cada 100 kg de peso vivo) y se proporciona suplementación con granos de maíz, no se ha conseguido alcanzar ganancias diarias superiores a 800 gramos por animal (Beretta et al., 2013).

Varios factores podrían estar contribuyendo a obtener una menor ganancia estival. Por un lado, la calidad de la pastura, especialmente cuando la fibra es alta y el contenido de proteína es bajo. Esto podría estar restringiendo su degradabilidad en el rumen del animal, lo que resultaría en un menor consumo. Esto no solo se relaciona con la calidad del pasto en sí, sino también con una mayor actividad de búsqueda y selección que los

animales hacen mientras pastorean, especialmente cuando hay una mayor oferta de forraje (Baldi et al., 2001).

El suministro de suplementos podría tener un impacto positivo en la ingesta total de energía y proteína. Esto no se debe solo a la adición directa de nutrientes, sino también a través del aporte de proteína por parte de la dieta, que podría acelerar la digestión en el rumen del animal, mejorando así su capacidad para degradar el forraje y aumentar su consumo (Baldi et al., 2001).

Por otro lado, las bajas ganancias estivales pueden estar dadas por el estrés calórico, esto debido a una disminución en el consumo y aumento de la energía requerida para el mantenimiento del animal. Beede y Collier (1986) sugieren diversas estrategias para mitigar los impactos del estrés por calor en animales. Entre estas alternativas, resaltan la alteración del entorno en el que se encuentran (montes, sombras), la selección genética de animales más resistentes al calor y la adaptación de su alimentación como medidas destacadas, por ejemplo, dietas frías.

### ***2.1.1 Estrés calórico***

La caracterización del ambiente térmico de un sitio específico nos permite conocer las condiciones ambientales en las que se van a encontrar los animales en producción, lo que posibilita estimar la frecuencia, duración y momentos de situaciones desfavorables para la producción animal. Según Cruz y Saravia (2008), el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) determina la combinación de condiciones de temperatura y humedad del aire en el cual la producción se ve limitada. Para el ganado lechero se determinó un valor crítico de ITH de 72. La probabilidad de ocurrencia de condiciones ambientales que afecten la producción animal al norte del Rio Negro para el mes de enero es de 65 a 55%.

DeShazer et al. (2009) determinaron que cuando un animal se encuentra en ambientes térmicos desafiantes activa mecanismos de respuesta (voluntaria o no voluntaria). Los mecanismos implicados en las respuestas de afrontamiento se dividen en respuestas fisiológicas, conductuales e inmunológicas. Los primeros en activarse están dirigidos a la supervivencia y autoconservación. La siguiente está dirigida hacia la reproducción y por último al crecimiento. Por lo tanto, ante condiciones de estrés se ven amenazados los parámetros productivos y reproductivos de los predios ganaderos.

Dentro de las formas de mitigación Oberto et al. (2006) afirma que las "dietas frías" consisten en emplear fuentes de nutrientes que se descomponen rápidamente en el rumen del animal, evitando así la generación de calor interno (producido por la fermentación). Esto también tiene como objetivo contrarrestar la disminución en el consumo de materia seca que ocurre en los bovinos debido al calor. Al concentrar la cantidad de energía en la dieta, se buscaba satisfacer las necesidades del animal. Estos autores también explican que es importante tener en cuenta que a medida que las temperaturas aumentan, los bovinos comienzan a jadear. Este jadeo se caracteriza por tener una frecuencia respiratoria baja, pero con una mayor cantidad de aire inhalado. Esto

conduce a un desequilibrio en la composición de gases en la sangre, conocido como alcalosis respiratoria, que resulta en una pérdida elevada de dióxido de carbono. Para compensar esta situación, los bovinos intentan eliminar bicarbonatos a través de la orina.

Otra medida, es el uso de sombra artificial, Rovira (2012) encontró que la presencia de sombra tuvo un impacto positivo importante en el rendimiento de los novillos que pastaban sudangrass, especialmente cuando recibían una dieta nutricionalmente rica y estaban enfrentando condiciones ambientales de mayor estrés calórico. No se observaron diferencias en la producción entre los animales que tenían acceso libre a la sombra y aquellos cuyo acceso estaba limitado.

La estrategia de retiro de animales a un encierro con sombra artificial, cuando es utilizada con novillos en pastoreo rotativo de sorgo forrajero, si bien redujo el estrés por calor, no resultó en una mejora de la performance animal (Tagliani & Taño, 2021). Para este tipo de pasturas, el disponer de sombra en la parcela, podría afectar el comportamiento animal y generar cambios fisiológicos, que mejoran el termo confort de los animales, reduciendo así los gastos de mantenimiento y mejorando la performance durante el período estival.

Aguilar (2016) en su investigación afirma que el mecanismo más notorio que expresa el animal cuando se encuentra en situaciones de estrés por calor es el aumento de la frecuencia respiratoria. Evaluando diferentes formas de medición de la temperatura corporal y de la frecuencia respiratoria para diferentes razas cebuinas y europeas señala que, ambos grupos de animales tienen una frecuencia respiratoria normal en el lapso de 08:00 a 10:00 h. por otra parte durante las 13:00 a 15:00 ambos grupos hacen el mayor uso de sus mecanismos fisiológicos de disipación del calor, siendo las razas europeas las que presentan mayor frecuencia respiratoria. Estos datos coinciden con los presentados por Rovira (2012), quien afirma que la tasa respiratoria aumenta en un 15% durante las 09:00 a 18:00 h, y animales en recría con acceso a sombra registra un 18% de aumento de peso superior.

Mediante el análisis de variables climáticas y respuestas del comportamiento animal, Rovira y Velazco (2012), llegaron a la conclusión de que en la región este de Uruguay se presentan circunstancias propicias para la ocurrencia de estrés calórico en los animales que pastan al aire libre y se exponen al sol. Estas circunstancias son más notables durante el periodo 10:00 a 17:00 h.

Kuchman Robaina et al. (2022) manifiestan haber encontrado diferencias en la performance de novillos Hereford pastoreando sorgo cuando estos tenían acceso a sombra, teniendo mayores ganancias a sus pares sin acceso a sombra.

Beretta et al. (2013) evaluaron el efecto de la sombra asociado a la restricción en el tiempo de acceso al pastoreo sobre la performance animal y conducta en pastoreo durante el período estival. Los animales que tuvieron acceso a sombra fueron capaces de compensar la reducción en el tiempo que pasaron pastoreando. Lograron esto al aumentar

su actividad de alimentación al regresar a la parcela durante las tardes y hasta la noche. Esta estrategia les permitió mantener un nivel constante de consumo diario de pasto, en contraste con aquellos animales que pastorean libremente durante todo el día. Como resultado, los efectos positivos del manejo del pastoreo y la disponibilidad de áreas sombreadas, en términos de un aumento en el peso corporal de alrededor de 200 gramos por día, podrían ser interpretados como el resultado de una disminución en las demandas de cuidado y mantenimiento. Esto a su vez condujo a una mejora en el equilibrio energético de los animales

Clariget et al. (2018) evaluaron el rendimiento de novillos en confinamiento con acceso a sombra y otro con aspersión, comparado con un testigo al sol. En ambos procedimientos se mejoró el confort animal, y fue en el caso del acceso a sombra donde se consiguió un rendimiento superior. Lo que define al acceso a sombra como una medida útil para reducir el efecto negativo del estrés calórico.

## **2.2. Utilización de sorgo forrajero y la respuesta a la suplementación**

La inclusión de verdes de verano se ha propuesto como forma de aumentar la ganancia de peso vivo de bovinos y a su vez aumentar la capacidad de carga y productividad del predio (Rovira & Echeverría, 2013).

Barbera y Benítez (2016) concluyeron que el sorgo forrajero es un recurso pastoril que soporta alta carga y permite alcanzar una moderada ganancia de peso. Como contrapartida se debe tener en cuenta que los verdes son anuales, muy dependientes de las condiciones meteorológicas, a su vez complejizan la rotación debido a sus malas cualidades como antecesor, sin embargo, poseen gran capacidad para aprovechar la radiación y los recursos disponibles en el suelo.

Los sorgos se caracterizan por tener un excelente macollaje, lo que le confiere una muy buena adaptación al pastoreo, poseen una alta tolerancia al déficit hídrico y generan altos volúmenes de forraje de calidad aceptable cuando se hace un correcto manejo del pastoreo (Carámbula, 2007).

Los sorgos forrajeros son ampliamente empleados debido a sus elevados rendimientos de forraje (entre 8 y 15 t de materia seca por hectárea), lo que posibilita mantener una carga animal alta (de 3 a 6 animales por hectárea) durante un período de 2 a 4 meses durante el verano. No obstante, las tasas de aumento de peso que se logran son limitadas (de 400 a 600 gramos diarios) debido a desequilibrios nutricionales según su composición. La introducción de sorgos de nervadura marrón o BMR (según su sigla en inglés, "Brown Middle Rib"), como forraje fresco, cuya calidad es notablemente superior debido a sus niveles más bajos de lignina, podría potenciar tanto la tasa de ganancia de peso promedio como la disminución del tiempo de finalización de los animales (Fernández et al., 2011).

Los sorgos híbridos presentan ventajas frente al sudangrass, con tallos más gruesos y mayor precocidad por lo que determina que sean pastoreados antes. Además, los sorgos híbridos se adaptan mejor al picado, henificado, ensilaje y pastoreo directo (Carámbula, 1977).

Rovira y Echeverría (2013) obtuvieron una correlación alta y positiva ( $p < 0,05$ ) entre la altura del tapiz y el forraje disponible al ingreso a la parcela tanto para sudangrass como para sorgo BMR (en ambos casos,  $R^2 = 0,80$ ). El modelo de regresión lineal entre altura y disponibilidad también fue significativo ( $P < 0,05$ ), en donde cada cm adicional de altura correspondió a un incremento de 77 y 102 kg MS en sudangrass ( $R^2 = 0,64$ ) y sorgo BMR ( $R^2 = 0,60$ ), respectivamente.

El sorgo forrajero presenta una limitación, en cuanto a su calidad debido a su bajo contenido proteico, que no es suficiente para mantener la producción de animales de alto potencial de crecimiento (Carámbula, 2007; Murray et al., 2010). A medida que avanza hacia la madurez, se registra, una pérdida de valor nutritivo. La concentración de materia seca, proteína y la digestibilidad de materia seca disminuye mientras que la concentración de fibra aumenta (Amador & Boschini, 2000; Boschini & Amador, 2001; Elizondo, 2004; Fassio et al., 2002).

El bajo contenido de proteína del sorgo forrajero podría limitar el crecimiento y desarrollo de los microorganismos responsables de la degradación de nutrientes de la fracción fibrosa del forraje (Church, 1993), influyendo negativamente en el consumo de alimento y en la producción animal (Raposo et al., 2015).

Wedin (1970) encontró una relación entre los niveles de proteína y la altura de la planta de sorgo. La proteína cruda disminuye a medida que la altura de la planta es mayor. En base a esto se vuelve importante controlar los momentos de ingreso a la parcela para que no se pierda calidad.

Murray et al. (2010), indica que el sorgo presenta una digestibilidad que oscila entre el 50% y el 60%, un contenido de proteína bruta entre el 8% y el 14%, una fracción de fibra detergente neutro (FDN) entre el 60% y el 65%, y un rango de lignina del 4% al 8%. Según Berti (2010), como se cita en Fernández et al. (2011) para lograr ganancias diarias superiores a 700 gramos en el ganado bovino, se requiere una digestibilidad de la materia seca (MS) y proteína bruta (PB) superior al 72% y 11% respectivamente, junto con una asignación de forraje igual o superior a 3.5 kg de MS por cada 100 kg de peso vivo.

Soto y Reinoso (2007) afirman que cuando los vacunos son alimentados con forrajes de baja calidad, altos en fibra y deficientes en proteína es necesaria la suplementación con proteína de alta degradabilidad. De esta manera se corrige el déficit de nitrógeno, los microorganismos del rumen tienen un adecuado balance nitrógeno-energía, y consecuentemente aumenta la velocidad de degradación ruminal y aumenta el consumo de forraje. Estos autores también señalan que el origen de la fuente proteica



suministrada puede provenir de proteína verdadera o nitrógeno no proteico (NNP). La ventaja del uso de proteína verdadera radica en su eficiencia en la regulación del consumo y además el aporte de energía, aminoácidos, péptidos, y esqueletos carbonados que tornan más eficiente el proceso de fermentación y crecimiento microbiano.

La suplementación en pastoreo es una de las principales herramientas para la intensificación de los sistemas ganaderos. Permite corregir dietas desbalanceadas, aumentar la eficiencia de conversión de las pasturas, aumentar cargas, mejorar las ganancias de peso de los animales y acortar los ciclos de engorde de los bovinos (Peruchena, 1999).

Ørskov (1982) sostiene que la suplementación con un alimento proteico mejora la digestión de la materia orgánica y aumenta el consumo. No solo es importante la proteína de rápida degradación para un buen ambiente ruminal, sino también la proteína no degradable en rumen (PNDR). En este sentido, Gutierrez-Ornelas y Klopfenstein (1991) afirman que a medida que aumenta la proteína de pasaje, se ve mejorada la performance animal y a su vez la producción por hectárea, siempre y cuando haya una correcta absorción a nivel duodenal.

Montossi et al. (2017) evaluaron el efecto de la suplementación en la productividad de un verdeo de sorgo forrajero con cargas entre 7.5 y 10 novillos/ha. Lo que concluyeron fue que la suplementación determinó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) únicamente en el % MS del forraje remanente, siendo menor en el tratamiento que no recibió ningún tipo de suplemento en comparación con los tratamientos suplementados con expeller de girasol y grano de maíz. También encontraron que la fibra detergente ácida (FDA) consumida era menor cuando se suplementan.

Este aumento en el forraje remanente favorece al rebrote debido a que la planta posee mayor área fotosintéticamente activa para poder generar fotoasimilados, por lo tanto, su crecimiento va a ser mayor y en menor tiempo, lo que implica que el reingreso a la franja se va a dar antes. Dejando un remanente de aproximadamente 10 cm reducimos el riesgo de intoxicación con ácido cianhídrico (Perrachon, 2010).

En sistemas productivos con cargas de 10 novillos/ha sobre sorgos forrajeros donde no se suplementa, no es posible superar niveles de ganancias de peso de 0,300 kg/a/día y además presentan una menor producción por superficie que cuando se maneja a una carga de 7,5 novillos/ha, concluyendo que con 10 novillos/ha se genera una limitación de la capacidad de carga (Montossi et al., 2017).

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% MO digestible 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 (0,992a vs. 0,739b

kg/a/d) y producción por hectárea (412,5b vs. 570,7a kg/ha), con una eficiencia de conversión de suplemento de 13,9:1.

Novillos pastoreando sorgo experimentan una ganancia diaria de peso de 0.400 a 0.500 kg/a/d, cuando son manejados a una carga entre 7.5 y 10 novillos/ha. Cuando se los suplementa con concentrados energéticos (expeller de girasol, afrechillo de arroz y grano de maíz), 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% (Cazzuli et al., 2019).

La información generada en la unidad de producción intensiva de carne (UPIC), sobre el uso de grano secos de destilería (DDGS) como suplemento para novillos pastoreando sorgo forrajero BMR, comprobó 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 1,32 kg/día (Casanova, 2020).

Fernández y Chiatellino (2014) señalan que es posible obtener altas ganancias de peso, superiores a los 0,7 kg/a/d sobre sorgo forrajero, sin tener que suministrar ningún concentrado corrector. Evaluaron la performance animal sobre diferentes categorías de novillos durante dos años, en ambos años los animales ganaron alrededor de 0,700 kg/a/d, las cargas utilizadas en este experimento fueron 3,3 y 4,5 cabezas/ha para el año uno y dos respectivamente.

Se evaluó el efecto de la suplementación sobre sorgo en novillos de 300 kg de PV inicial, se utilizó una carga de 4 - 5,9 novillos/ha y se suplementaron al 1 % del peso vivo (3-4 kg/a/d) con maíz y pellet de soja. Los sin suplementar obtuvieron 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. Datos recabados de tres años de investigación en la EEA INTA Mercedes Corriente, Argentina (Barbera & Benítez, 2016).

En otro experimento (Castilho, 2012), en donde se quería evaluar la ganancia de novillos Hereford, Angus y cruza cebuina, sobre sorgo (carga de 4,5 novillos/ha) y suplementados con afrechillo de arroz o afrechillo de trigo, se observaron ganancias de 1,201 kg/d para Hereford, 0,876 kg/d para Angus, y 1,098 kg/d para la cruza cebuina, no registrándose diferencias entre los diferentes suplementos.

Una alimentación estratégica de verano con sorgo de pastoreo a alta carga permite intensificar el sistema productivo, lo cual nos permitiría hacer una recría acelerada de novillos de 15 meses con 300 kg. Aumentado la producción de carne por unidad de superficie y permitiendo además que se reduzca la edad de faena y a su vez mejorar la calidad del producto (canal y carne) (Lagomarsino & Montossi, 2014).

Adams (1985) planteó la idea de que cambios en el comportamiento habitual de pastoreo de los bovinos, debido a la inclusión de suplementos en sus dietas, pueden tener un impacto negativo en la cantidad de pasto consumida y en el rendimiento general de los animales. La magnitud de esta disminución en la ingesta de pasto varía según el tipo y la cantidad de suplemento añadido a la dieta (Sarker & Holmes, 1974).

En cambio, Baldi et al. (2001) propone que la suplementación mejoraría el consumo total de energía y proteína, no sólo debido a un efecto directo de adición, sino potencialmente, a través del aporte proteico, mejorando la tasa de digestión ruminal de la pastura, y aumentando su consumo.

### **2.3. El grano de lupino como suplemento energético-proteico**

#### **2.3.1 Descripción y composición química del lupino**

Los lupinos pertenecen a la familia *Leguminosae*, subfamilia *Papilionoideae*, tribu *Genisteae*. Hay cientos de especies en el género *Lupinus* pero solo cuatro son cultivadas globalmente. Los más utilizados para la alimentación de animales son *L. albus* y *L. angustifolius*. Estos últimos son de origen mediterráneo y existe también *L. mutabilis* que es originario de América (Mera, 2016).

En su forma original todos los lupinos contienen alcaloides, principios tóxicos que otorgan amargor a las partes verdes y al grano, e impiden que sean utilizados para alimentación animal sin un tratamiento previo. Los alcaloides se concentran en los granos, alcanzando entre 1,7 y 2,4% de la materia seca (Mera, 2016).

Von Sengbusch et al. (1931), como se cita en Mera (2016), analizaron muchos individuos de las especies *L. luteus*, *L. angustifolius* y *L. albus*, logrando identificar algunas plantas con muy bajo contenido de alcaloides con las cuales generaron variedades con niveles inferiores a 0,05% de la materia seca del grano, originando lo que hoy se conoce como lupinos dulces. Estas variedades dulces han permitido incorporar el grano de lupino en la alimentación animal, y también puede utilizarse con seguridad para consumo humano. El lupino australiano, utilizado a nivel país, no puede mutar a amargo debido a que no existen posibilidades de cruzamiento con especies silvestres, manteniéndose con sus características de grano dulce (Catrileo & Rojas, 1995).

El grano de lupino dulce es un aporte importante para la alimentación animal dadas sus características proteicas y energéticas (Catrileo & Rojas, 1995). Dentro de las plantas leguminosas el lupino destaca por sobre los granos de arveja, lenteja, garbanzo y poroto, cuyos contenidos de proteína fluctúan entre 21 y 25%. Dependiendo de la especie, el lupino se acerca al contenido proteico del grano de soja, que está alrededor de 39%, e incluso puede superarlo (Mera, 2016).

Catrileo y Rojas (1995) aportaron que no sólo se veía la importancia de agregar lupino al sistema de producción por su aporte como alimento animal sino, además, por su

contribución como leguminosa a las rotaciones, con su aporte de nitrógeno por fijación biológica de nitrógeno.

En el Cuadro N°1 se presenta la composición química de la semilla de lupino entera y sin cáscara (*Lupinus angustifolius L.*).

**Tabla 1**  
*Composición química de Lupinus angustifolius*

Nutriente (% Base seca)	Grano entero	Grano sin cáscara
Materia Seca	90,06	88,26
Ceniza	3,69	3,82
Proteína cruda <sup>1</sup>	27,19	38,32
Extracto etéreo	4,79	5,72
Fibra detergente neutro	31,45	14,26
Fibra detergente ácido	24,86	12,23
Lignina	10,55	6,38

*Nota.* <sup>1</sup>(N\*6,25). Adaptado de Luna-Zamora et al. (2019).

Luna-Zamora et al. (2019) reportan que el contenido de PC y FDA del grano de lupino es alto, aproximadamente un 33% y 19%, respectivamente, estos valores son similares a los señalados por Cañas (1995), quien describe un contenido de PC para este grano de 35,86% y FDA de un 25% (Jahn et al., 1999).

Del total de proteína del grano de lupino un 85% está compuesto por  $\alpha$ -globulinas y el resto  $\alpha$ -albúminas (Petterson, 2000). El perfil de aminoácidos muestra un alto contenido de arginina, lisina, leucina y fenilalanina (Mera-Zuniga et al., 2019). La sacarosa constituye el 71% de los azúcares contenidos en la semilla de lupino (Erbas et al., 2005). El aceite está compuesto por 13.5% de ácidos grasos saturados, 55.4% de ácidos grasos monoinsaturados y 31.1% de ácidos grasos poliinsaturados (Erbas et al., 2005).

En cuanto a la digestibilidad de la proteína Freer y Dove (1984) reportaron que la tasa de desaparición del N está fuertemente afectada por el tamaño de partícula debido al procesamiento del grano de lupino. La molienda fina, media o gruesa redujo el N desaparecido a las 2 h (85, 45 y 10%, respectivamente), sin embargo, a las 24 h no se

observaron diferencias en el N desaparecido (97 a 91%). Dado una tasa de pasaje en torno a 0,05/h estos autores estimaron que la degradación de la proteína alcanzaría 90, 79 y 70% para un procesamiento del lupino fino, medio o grueso.

Según Van Barneveld (1999) el aporte energético del grano de lupino se da a partir de polisacáridos no almidonosos (NSP: non-starch polysaccharides ) que son fácilmente fermentables en el rumen y contiene mayor proporción de hemicelulosa en la fibra cruda comparada con otras leguminosas, generando un patrón de fermentación más rápida y disminuyendo el riesgo de acidosis en animales en terminación.

### ***2.3.2 Lupino en alimentación animal***

La suplementación en dietas de rumiantes con lupino ha demostrado efectos positivos en términos de crecimiento y eficiencia reproductiva, en comparación a la suplementación con cereales (Van Barneveld, 1999).

Ragni et al. (2018) trabajaron con vaquillonas Charolais, reemplazando a la harina de soja por grano de lupino y arveja de forma peleteada y ofrecida *ad libitum* junto con paja de trigo como alimento fibroso y concluyeron que los alimentos peleteados de lupino y arveja representan una alternativa válida a la harina de soja, pudiendo ser una muy buena opción como estrategia más económica en los sistemas productivos.

Hill (2007) concluyó que el lupino ofrece una fuente alternativa de proteína vegetal tanto en humanos, como en animales ya sea monogástricos o rumiantes. En rumiantes, las semillas de lupino son de muy buen valor para ganado caprino, ovino y bovino.

Rojas et al. (2011) evaluaron con vaquillonas cruce Hereford por Angus la respuesta productiva y económica del engorde invernal de animales estabulados con raciones formuladas con diferentes fuentes proteicas, una de ellas el grano de lupino, a razón del 1% del PV y en forma molida más ensilaje de pradera *ad libitum*. Concluyeron que la alimentación de vaquillonas con raciones formuladas con diferentes fuentes proteicas no afectó los incrementos de PV ni la calidad de canales, indicando que la ganancia media diaria promedio fue de 1,390 kg sin diferencias entre los tratamientos, y que la ración de menor costo por kg de alimento y por kg de incremento de peso vivo fue la que utilizó grano de lupino.

Rojas y Carrasco (1987) indican una tendencia al aumento en el CMS en terneros Hereford de 7-8 meses de edad (220 kg) alimentados a base de ensilaje de pasturas y minerales, en la medida que se incrementa la inclusión de grano de lupino machacado (10%, 20%, 30% y 40%) en sustitución del ensilaje de pasturas. Destaca también un mejoramiento en el consumo y en la eficiencia de conversión a medida que aumenta el porcentaje de lupino, así como la ausencia de trastornos digestivos.

Por otro lado, Rojas y Catrileo (2004) reportan que terneros de raza Hereford de 7 a 8 meses de edad, alimentados en base a ensilajes de pradera y suplementados con raciones que contenían lupino, podían consumir hasta 40% de lupino en la ración sin observarse trastornos digestivos en los animales, logrando ganancias medias diarias de 965 g/día. Además, los autores antes mencionados trabajaron con novillos Holstein comparando el lupino australiano entero versus afrechillo de soja, en raciones con ensilaje de maíz, obteniendo resultados que indican que el lupino blanco entero, puede sustituir completamente al afrechillo de soja, en raciones de engorde de novillos, sin provocar diferencias en los incrementos de peso.

Crempien (1993), en un ensayo con ovejas en gestación Dorset x Merino evaluó la suplementación con lupino pastoreando sobre rastrojos de trigo, en el cual se determinaron tres tratamientos, un testigo que no consumía lupino, y otros dos donde se suministraba 200 g y 400 g de lupino/animal/día. El objetivo era evaluar la suplementación con lupino sobre el PV y la condición corporal (CC) de las ovejas en un periodo de 61 días. Se observó una menor disponibilidad final del rastrojo en los tratamientos con suplementación. Según Rowe y Ferguson (1986), como se cita en Crempien (1993), esta respuesta puede vincularse a mayor consumo del rastrojo debido al contenido proteico del grano de lupino. A su vez el porcentaje de forraje utilizado disminuye a mayores suministros de lupino (400 g/a/d) probablemente debido a un efecto de sustitución de la dieta (Crempien & Badilla, 1994).

A nivel nacional se han instalado experimentos en UPIC Facultad de Agronomía, con el objetivo de evaluar al *Lupinus angustifolius* tanto como suplemento en verdeos de verano e invierno como también en dietas de confinamiento con distintos niveles de inclusión de este.

Beretta et al. (2019) trabajaron con terneros Hereford pastoreando sobre verdeos de avena con una oferta de forraje de 5kg de MS/100kg de PV. Se suplementó al 1% del PV evaluando diferentes fuentes: DDGS, grano húmedo de sorgo o lupino quebrado, obteniendo ganancias medias diarias de 0,67, 0,87 y 0,95 kg/día respectivamente y sin suplemento la ganancia media diaria fue de 0,52 kg/día en promedio. Según estos autores, los consumos de suplemento y de forraje entre tratamientos no difirieron estadísticamente, por lo tanto, esta respuesta evidenciaría un mayor valor nutritivo de la dieta cuando el pastoreo de avena se complementa con fuentes energético-proteico como el DDGS y Lupino respecto al grano de sorgo. Reflejándose lo descrito anteriormente en los valores de eficiencia de conversión del suplemento: 13:1, 5,48:1 y 4,65:1 para grano húmedo de sorgo, DDGS de sorgo y lupino, respectivamente.

En otro experimento, llevado a cabo por Beretta, Simeone, Zabalveytia, Burjel, Acland et al. (2021), con terneros Hereford pastoreando *Lolium multiflorum* cv. Bill Max sobre ofertas de forraje de 2,5% del PV y 5% del PV con grano de lupino quebrado ofrecido al 1% del PV, se observó una respuesta positiva a la suplementación de 0,63 kg/día en asignaciones de forraje al 2,5% del PV y 0,64 kg/día en asignaciones de 5% del

PV, respecto a los animales no suplementados. Con valores de eficiencia de conversión del suplemento de 3-4:1.

En alimentación corral un trabajo realizado por Beretta, Simeone, Zabalveytia, Burjel, Cabrera et al. (2021) con terneros Hereford evaluó niveles crecientes de lupino como ingrediente de raciones totalmente mezcladas, con una inclusión en la dieta total de 0%, 10%, 20% y 30% del mismo, sustituyendo al DDGS. Los resultados fueron que al incrementar los niveles de lupino en la dieta mejoraba cada vez más la eficiencia de conversión siendo el mejor caso cuando se incluía 30% de lupino y 0% de DDGS, dando una eficiencia de 3,6:1.

Otro estudio realizado por Beretta, Simeone, D'Ambrosio et al. (2021) evaluaron la suplementación invernal de terneros Hereford sobre campo natural de basalto. Se determinó que sin suplemento los animales obtenían ganancias medias diarias de 0,15 kg/d y los suplementados con grano de lupino al 1% del PV obtenían ganancias medias diarias de 0,62 kg/d, logrando eficiencias de conversión del suplemento en torno a 3:1. Según los autores la baja EC del suplemento sugiere una baja sustitución del forraje por grano dada las condiciones restrictivas de oferta de forraje durante el invierno, mejorando de este modo el consumo total de MS, proteína y energía metabolizable de los animales.

En el Cuadro N°2 se presentan trabajos nacionales en los que se estudió el efecto de la suplementación con Lupino en ganado de carne en pastoreo.

**Tabla 2**

*Resumen de trabajos nacionales evaluando el efecto de la suplementación con grano de lupino*

Ref.*	Tipo animal	Base forrajera	Procesamiento de grano	Nivel de suplementación	GMD (kg/día)	ECS
1	Terneros Hereford	Avena (AF 5%)	Grano quebrado	1% del PV	0,95	4,65:1
2	Terneros Hereford	Raigrás (AF 5%)	Grano quebrado	1% del PV	0,640	3-4:1
3	Terneros Hereford	PP 2 (AF 8%)	RTM	1% del PV*	0,670	3.6:1
4	Terneros Hereford	CN (1,76 terneros/ha)	Grano quebrado	1% del PV	0,620	3:1
5	Novillos Hereford	Sorgo (AF 8%)	Grano quebrado	1% del PV	0,999	4,4:1

*Nota.* \*Sustitución creciente de RTM por lupino. Peso Vivo (PV), ganancia media diaria (GMD), eficiencia conversión del suplemento (ECS), asignación de forraje (AF), ración totalmente mezclada (RTM). Elaborado a partir de <sup>1</sup>Beretta et al. (2019), <sup>2</sup>Beretta, Simeone, Zabalveytia, Burjel, Acland et al. (2021), <sup>3</sup>Beretta, Simeone, Zabalveytia, Burjel, Cabrera et al. (2021), <sup>4</sup>Beretta, Simeone, D'Ambrosio et al. (2021), <sup>5</sup>Acosta et al. (2022).

### **2.3.3 Procesamiento del grano de lupino**

El procesamiento del grano mejora el aprovechamiento de la energía y del nitrógeno por parte del animal, debido a que maximiza la fermentación y la síntesis de proteína microbiana (Ørskov, 1990, como se cita en Jahn et al., 1999). Existe una relación positiva entre la digestibilidad de diferentes métodos de procesamiento de los granos de cereales y el aumento o ganancia de peso vivo diario por parte del animal (Mathison, 1991, como se cita en Jahn et al., 1999).



Jahn et al. (1999) evaluaron la degradación ruminal del grano de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*) y lupino dulce (*Lupinus albus*) con diferentes métodos de procesamiento. Para el grano de lupino no observaron diferencias significativas entre el grano entero y tratado con NaOH al 2%, pero si con el grano molido, en el cual para los tres tipos de granos presentó la mayor desaparición de MS, esto explicado según Theurer (1986), por la rápida colonización y degradación efectuada por los microorganismos ruminales. El tratamiento de mayor degradabilidad tanto para la MS como para la PC, fue el grano de lupino molido (99% y 98,9%). Por lo tanto, el grado de molienda es un factor que incide directamente en la digestibilidad.

Los bovinos adultos tienen un orificio retículo-omasal más amplio que otros rumiantes esto le permite que fácilmente puedan pasar los granos enteros, provocando una menor digestibilidad (Barnes & Ørskov, 1982, como se cita en Jahn et al., 1999).

En el mismo trabajo evaluado por Jahn et al. (1999) resultó que el grano entero de lupino no tuvo una degradación en las primeras horas de incubación, esto debido a que según Yang et al. (1997), los granos enteros requieren en una primera instancia de cierto tiempo (24hs) para iniciar la degradación debido a la resistencia que le genera la cubierta seminal. En cambio, el moler el grano permite a las fracciones proteicas quedar más accesibles para que las bacterias ruminales puedan degradarse, lo que explica la alta degradabilidad de la PC en el tratamiento molido para los tres granos (Herrera-Saldana et al., 1990).

En contraposición, Rojas y Catrileo (1998) concluyeron en un trabajo realizado con lupino en engorde de novillos Hereford que la molienda del grano no se traduce en ventajas productivas. También se estableció que el lupino entero, podía sustituir completamente al afrechillo de soja en raciones de engorde de novillos Holstein Friesian, que consumían ensilaje de maíz como forraje base (Rojas & Catrileo, 2004).

Tradicionalmente, los alimentos concentrados se han molido antes de ser adicionados, con el convencimiento que esta práctica contribuye a una mayor utilización en el animal. Sin embargo, diversos estudios señalan que dicha práctica no siempre se justifica. Así, al comparar grano entero y chancado de lupino blanco y lupino australiano, en raciones de engorde de novillos Hereford de 9 a 10 meses, se determinó que la molienda del grano no tiene efectos sobre el incremento de peso, consumo de alimentos ni eficiencia de conversión del alimento (Rojas & Catrileo, 2004).

A nivel nacional, un trabajo realizado por Acosta et al. (2022) con novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero e incluyendo como suplemento el grano de lupino ofrecido al 1% del PV y suministrado entero o quebrado, concluyeron que la forma de procesamiento del grano no afectó significativamente las ganancias de peso ni tampoco la eficiencia de conversión del alimento. Los niveles de consumo del suplemento no se modificaron al proporcionar el lupino de forma quebrada. La utilización de pasturas para los tratamientos suplementados fue similar y se encontró baja presencia de lupino entero en heces de animales, evidenciando un buen aprovechamiento de este.

Como resultado de la revisión, teniendo en cuenta las características del sorgo forrajero y las limitantes que este tiene, sería una buena opción la inclusión de grano de lupino como suplemento energético-proteico. Los altos porcentajes de proteína degradable en el rumen (PDR) y aporte de energía desde una fuente no almidonosa podrían ser una alternativa interesante en sistemas ganaderos de nuestro país durante la estación de verano.

## **2.4 Hipótesis**

La suplementación energético-proteica con grano de lupino realizada en régimen de autoconsumo mejora la ganancia diaria y la eficiencia de utilización del alimento en novillos pastoreando sorgo forrajero.

Esta respuesta estaría mediada por cambios en el consumo de MS y nutrientes y en el comportamiento ingestivo del animal.

### 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, ubicada en el km 363 de la Ruta 3, Paysandú, Uruguay. Durante el periodo comprendido entre el 10/01/23 y el 07/03/23.

#### 3.2. Suelo

El experimento se llevó a cabo en el Potrero N.º 3 de la UPIC, este se localiza sobre la formación Fray Bentos, unidad San Manuel, donde dominan suelos Brunosoles éútricos típicos (háplicos), y asociados se encuentran Brunosoles éútricos lúvicos y Solonetz Solodizado Melánico, según Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay escala 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976). El uso del suelo en la zona es agrícola pastoril, con cultivos invernales, estivales, rastrojos y campo natural con predominio de especies invernales y propensión a la invasión de espartillo que, en las áreas de suelos superficiales, alcanza alta densidad. Existe tendencia a la vegetación de parque, con Algarrobos en los blanqueales y espinillos altamente invasores (Altamirano et al., 1976).

#### 3.3. Pastura y suplementos

El verdeo utilizado fue sorgo forrajero Niagara de la marca Gentos, que fue sembrado el día 11 de noviembre de 2022 a una dosis de 23 kg/ha. La fertilización se realizó con 80 kg/ha de 18-46-0 al momento de la siembra. También se aplicó el día de la siembra S-Metolaclor a una dosis de 1,43 L/ha y Glifosato a 2 L/h. No se le realizaron fertilizaciones ni pulverizaciones posteriores. Al momento del inicio del experimento, el verdeo presentaba 60 días de crecimiento y 7960 kg/ha de biomasa disponible, encontrándose en un estado de déficit hídrico severo el cual perduró durante todo el experimento.

El suplemento utilizado fue grano de Lupino (*Lupinus angustifolius*), el cual se suministró quebrado. La composición química del grano se presenta en el Cuadro N°3.

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

	%MS	%Ceniza	%PC	%aFDNmo	%FDAmo
Lupino	90,28	3,61	36,69	34,33	20,39

*Nota.* 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 64 novillos Hereford de sobre año pertenecientes al rodeo de la EEMAC, con un peso promedio al inicio del experimento de 242 kg  $\pm$  44 kg. Diez días previos al inicio del período experimental se realizó el acostumbramiento gradual al consumo de lupino. Este se realizó con una base forrajera de campo natural, suministrando en comederos grupales heno de alfalfa y grano de lupino colocado por encima del heno. A medida que pasaron los días se les reducía la proporción de heno de alfalfa y se aumentaba la dosis de grano de lupino paulatinamente hasta que solo se suplementa con grano de lupino. Al finalizar el acostumbramiento todos los animales al ser suplementados consumían el grano. Cabe aclarar que, dichos animales ya tenían un historial de consumo de suplemento previo al experimento (destete precoz). El día 29 de diciembre se realizó un control sanitario a todos los animales con Ricovertm para el control antiparasitario y BTK como curativo de queratoconjuntivitis bovina.

### 3.5. Tratamientos

Los animales fueron bloqueados por peso vivo en tres bloques (livianos, medianos y pesados) y asignados al azar dentro de cada bloque a dos grupos, cada grupo constituyendo una unidad experimental integrada por 10 (livianos) y 11 (medianos y pesados) novillos.

Las unidades experimentales dentro de cada bloque fueron sorteadas a uno de dos tratamientos, evaluando el efecto de la suplementación con grano de Lupino quebrado en novillos pastoreando sorgo forrajero: 1) tratamiento testigo con pastoreo de sorgo forrajero sin acceso a suplemento (T); 2) tratamiento suplementado con pastoreo de sorgo forrajero y suministro de grano de lupino quebrado como suplemento, ofrecido *ad libitum* en comederos de autoconsumo (S). Ambos tratamientos pastorearon el sorgo forrajero con asignación de forraje al 8 % PV y encierre diurno entre las 10:00 y las 17:00 horas sin limitantes de agua y con sombra. Las unidades experimentales correspondientes a los tratamientos testigo (bloque liviano) y suplementado (bloque liviano) contaron

finalmente con 10 animales ya que dos de ellos debieron ser removidos al inicio del experimento por presentar un comportamiento agresivo que dificultaba el manejo.

### 3.6. Procedimiento experimental

#### 3.6.1. Manejo del pastoreo

Se realizó pastoreo rotativo en franjas semanales, donde cada unidad experimental pastoreó una parcela independiente, ingresando a la nueva franja a las 17:00 horas el día martes de cada semana. Se realizaron 6 franjas de 20 metros de ancho (una por unidad experimental), y se ajustó la asignación de forraje variando el largo de cada una de las parcelas según el peso vivo promedio por unidad experimental registrado en la última pesada, 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).

#### Figura 1

Mapa del potrero y distribución de las parcelas para cada bloque y tratamiento



Nota. T=Testigos, S= Suplementados, P= Pesados, M= Medianos, L=Livianos.

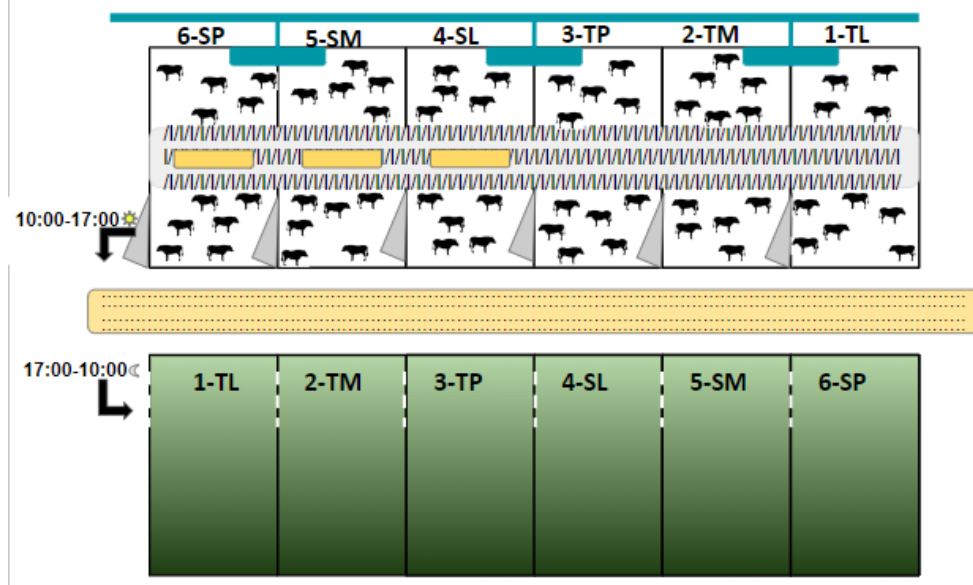
### 3.6.2. Manejo de encierre y suplementación

Los animales se trasladaron diariamente al corral de encierre diurno 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. Cada unidad experimental fue alojada en un corral independiente, tres de ellos provistos de un comedero de hormigón de 5,10 metros de largo por 60 cm de ancho, donde los animales tenían acceso por ambos lados de este. Todos los animales accedieron a sombra (2,6 m<sup>2</sup>/animal) y agua fresca. La oferta de suplemento fue a voluntad, asegurándose la disponibilidad permanente de suplemento, registrándose la cantidad total ofrecida durante la semana y el rechazo presente en el comedero cada 7 días, coincidiendo con el cambio de franja del pastoreo de sorgo forrajero.

En la Figura N°2 se presenta un croquis del corral. Sobre la parte superior se representan los bebederos, uno por corral, sobre el centro, el área de sombra construida en madera y malla sombra y debajo de esta, los comederos para los animales suplementados. Por debajo del esquema se muestran las franjas donde pastorea cada bloque, las cuales fueron de forma espejada al corral para simplificar el manejo diario.

**Figura 2**

*Esquema del corral de encierre y parcelas*



*Nota.* T=Testigos, S= Suplementados, P= Pesados, M= Medianos, L=Livianos.

### **3.7. Registros y mediciones**

#### **3.7.1. En la pastura**

##### **3.7.1.1. Biomasa y altura del forraje disponible y remanente.**

La disponibilidad se estimó semanalmente sobre el área que se consideraba que iba a ser utilizada para los siguientes 7 días. Se empleó la técnica de doble muestreo (Haydock & Shaw, 1975), realizando 3 escalas con 2 repeticiones cada una. Para el muestreo se utilizó un cuadro de 30 x 30 cm, con el cual se realizaron 50 repeticiones por parcela semanal. Las muestras se cortaron al ras del suelo y se secaron en estufa de aire forzado a 60°C 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.

Sobre el remanente de cada parcela también se registró biomasa y altura, mediante los mismos procedimientos mencionados anteriormente, al día siguiente a que los animales salían de la franja luego de permanecer por una semana.

##### **3.7.1.2. Caracterización del forraje ofrecido y consumido.**

En las semanas 2 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. Las muestras del forraje ofrecido, 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.

Para la determinación de la composición química del forraje consumido, se realizó una simulación del consumo mediante la técnica *hand clipping* (Coates & Penning, 2000). En este caso, en cada semana se obtuvo una muestra por unidad experimental, simulando en un área adyacente a la parcela de pastoreo el remanente generado en la franja utilizada en las semanas 2 y 8 del experimento. Estas muestras fueron secadas y molidas para su posterior análisis químico.

### **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 encerraron a la mañana y al día siguiente se pesaron por la mañana (hora 7:00), teniendo unas 14 horas de ayuno, aproximadamente. Se utilizó la misma balanza electrónica para todas las pesadas.

#### **3.7.2.2. Consumo de suplemento.**

El consumo de suplemento se determinó semanalmente por la diferencia entre la cantidad ofrecida y la rechazada. El rechazo en cada comedero se juntó, se pesó y luego se secó en estufa de aire forzado a 60°C por 48 hs para determinar humedad y consumo de materia seca. En base a las partidas recibidas de grano, se tomó una muestra por bolsón, las cuales se pesaron y secaron en estufa para obtener el contenido de MS del grano ofrecido; y conservaron para posterior análisis químico. En la semana 2 y 8 del experimento se determinó el consumo diario de suplemento, pesando cada 24 horas el remanente en el comedero.

#### **3.7.2.3. Patrón de comportamiento ingestivo.**

En las semanas 2 y 8, durante el segundo, cuarto y sexto día de cada semana (luego de ingresar a la nueva franja), se caracterizó el comportamiento ingestivo mediante observación directa, registrando las actividades de pastoreo, rumia, descanso y consumo de suplemento. Estas observaciones se realizaron en un animal por cada unidad experimental (escogidos al azar al inicio del periodo experimental y mantenidos hasta el final), cada 10 minutos, en el período de 7:00 a 10:00 y de 17:00 a 19:00 horas mientras se encontraban en pastoreo, y de 10:00 a 17:00 cuando se encontraban en el encierro. La tasa de bocado fue medida en las primeras horas de la mañana y de la tarde, registrando el número de bocados de prehensión realizados en un minuto.

### **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 (INUMET, s.f.), los cuales están publicados en la página web oficial de este, y se utilizó la serie comprendida entre 1961 y 1990.



### 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 promedio diario de suplemento (base seca) y la respuesta a la suplementación, siendo esta última la diferencia de GMD entre los animales suplementados y el testigo respectivo en cada bloque. 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.

### 3.9. Análisis químicos

Las muestras de forraje ofrecido y suplemento se enviaron a analizar al laboratorio de análisis químicos de la Facultad de Agronomía. 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 11 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 (Testigos vs Suplementados) 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

$\beta_0$  es el intercepto

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

$\alpha_j$  es el efecto de la j-ésimo tratamiento (1, 2)

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental (entre animales)

$\beta_1$  es la pendiente promedio (ganancia diaria) del peso vivo en función de los días (d k)

$\beta_{1j}$  : pendiente del peso vivo en función de los días (d k ) para cada tratamiento ( $\alpha_j$ ).

$\delta_{ijk}$  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

$\mu$ : media poblacional

$\gamma_i$ : es el efecto del i-ésimo bloque de peso vivo (1, 2)

$\alpha_j$  es el efecto de la j-ésimo tratamiento (1, 2, 3)

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental (entre animales)

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

$\delta_{ijk}$  : 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.

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

Donde:

$Y_{ij}$  : variable de respuesta

$\mu$ : media poblacional

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

$\alpha_j$  es el efecto de la j-ésimo tratamiento (1, 2, 3)

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental (entre animales).

Las medias fueron comparadas mediante test de Tukey. Se consideraron diferencias significativas cuando p-valor  $\leq 0,05$ , y tendencia cuando p-valor se ubicó entre 0,05 y 0,1.

## 4. Resultados

### 4.1. Registros climáticos

En el Cuadro N°4 se presentan las variables para describir las condiciones meteorológicas promedio de cada mes durante el periodo experimental. La temperatura media promedio para todos los meses de estudio se mantuvo por encima de los registros climáticos históricos tomado de INUMET (s.f.), entre 3,75 y 0,47°C más alta, en cuanto que las precipitaciones, registraron un déficit significativo en los meses de enero y febrero, de 60 mm y 83,6 mm, respectivamente, con respecto a las medias históricas. Esto se tradujo en un índice de temperatura y humedad (ITH) promedio más alto en marzo, a pesar de que la humedad relativa fue en promedio menor en comparación con los valores históricos. En enero y febrero se constataron valores de ITH por debajo de los promedios históricos. El ITH fue calculado para este trabajo a partir de los datos obtenidos de la cartilla meteorológica.

**Tabla 4**

*Registros climáticos promedios mensuales y datos históricos mensuales de INUMET*

	Registros de EEMAC 2023			Registros Históricos INUMET para Paysandú (1961 y 1990)		
	Enero	Febrero	Marzo	Enero	Febrero	Marzo
Temperatura media (°C)	27,49	24,17	25,35	24,80	23,70	21,60
Temperatura máxima media (°C)	27,80	24,47	25,59	31,50	30,00	27,60
Temperatura mínima media (°C)	27,18	23,88	25,11	18,30	17,60	15,70
Humedad relativa (%)	54,80	62,86	62,17	65,00	69,00	72,00
Precipitaciones (mm)	39,20	47,40	143,4	100,00	131,00	147,00
ITH ajustado para ganado de carne	68,70	68,20	75,00	72,41	70,99	69,14

*Nota.* ITH ganado de carne: índice de temperatura humedad para ganado de carne ITH ajustado =  $6,8 + ITH - (3,075 \times VV) + (0,0114 \times RAD)$  donde ITH es Índice de Temperatura y Humedad, VV es Velocidad del Viento (m/s), RAD es Radiación Solar Diaria ( $W/m^2$ ). Elaborado a partir de Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, s.f.).

En el Cuadro N° 5 se presenta la evolución horaria del ITH en cada semana experimental. Los diferentes colores indican el riesgo de ocurrencia de estrés por calor de acuerdo al valor de ITH observado: menor a 68 estaría indicando condiciones sin riesgo (color verde), de 68 hasta 72, alerta (color amarillo), de 72 a 79, peligro (color naranja) y mayor a 79, emergencia (color rojo) (INIA, s.f.).

Como resultado se observa que en general, las horas en las cuales los animales se encontraban en el encierro (10:00 am a 17:00 pm) coincidieron con las horas de mayor ITH. La diferenciación fue realizada a partir del Manual de INIA sobre termoestrés proporcionado a partir de la unidad GRAS (INIA, s.f.).

**Tabla 5**

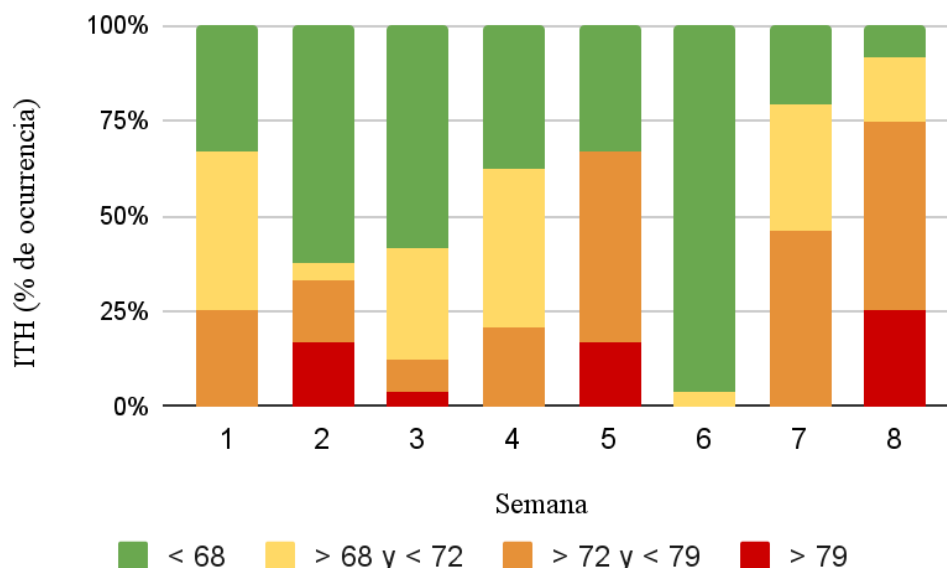
*Promedios de ITH ajustado para ganado de carne por hora para el periodo experimental*

Hora\Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
0:00 a 01:00	70,1	58,4	65,9	71,4	74,9	60,4	70,4	71,3
1:00 a 2:00	67,3	58,1	67,2	69,7	72,1	60,2	70,9	72,7
2:00 a 3:00	67,1	54,5	67,2	72,7	73,8	60,0	71,3	74,2
3:00 a 4:00	66,9	61,6	71,1	72,0	76,5	61,5	69,2	74,5
4:00 a 5:00	68,0	63,3	68,1	70,5	77,3	59,5	66,1	75,1
5:00 a 6:00	67,3	62,7	66,6	69,2	73,3	57,4	63,7	74,7
6:00 a 7:00	67,1	63,2	67,5	68,2	63,1	53,8	69,0	73,7
7:00 a 8:00	67,3	61,3	66,5	64,4	63,6	53,9	67,6	71,0
8:00 a 9:00	65,7	58,4	56,9	66,1	62,5	55,5	64,4	63,9
9:00 a 10:00	69,7	64,0	58,4	69,9	57,9	53,5	65,3	63,0
10:00 a 11:00	75,2	72,4	65,0	70,6	59,8	62,7	70,9	69,7
11:00 a 12:00	73,9	76,1	64,5	72,4	64,4	59,0	71,2	75,2
12:00 a 13:00	74,5	79,8	69,1	74,6	64,3	60,5	74,1	77,2
13:00 a 14:00	68,9	80,9	74,6	68,4	67,6	64,4	76,9	82,1
14:00 a 15:00	68,6	79,2	71,8	63,0	76,5	63,5	71,7	81,9
15:00 a 16:00	70,0	79,7	66,8	73,2	79,4	61,7	74,0	79,1
16:00 a 17:00	68,0	74,9	68,0	71,0	79,6	65,1	73,7	72,1
17:00 a 18:00	69,7	72,5	67,5	66,1	77,5	62,8	72,8	70,5
18:00 a 19:00	68,1	66,0	71,1	61,3	80,9	63,3	76,6	76,5
19:00 a 20:00	71,1	68,3	71,3	59,1	81,4	68,2	77,8	82,0
20:00 a 21:00	78,0	67,1	79,3	70,8	78,4	60,1	77,4	81,0
21:00 a 22:00	78,1	63,4	73,0	66,8	77,0	60,0	78,7	80,0
22:00 a 23:00	74,2	63,0	64,4	66,4	75,1	59,1	76,7	77,6
23:00 a 00:00	71,3	63,0	65,9	67,9	78,2	61,0	73,4	75,0

*Nota.* Rangos de riesgo de ITH: hasta menor o igual a 68,9 indica condiciones sin riesgo (verde); 69 a 74,9: alerta (amarillo); 75 a 78,9: peligro (naranja); 79 o mayor: emergencia (rojo). Tomado de INUMET (s.f.).

**Figura 3**

*Rangos de ITH promedio diario como porcentaje de ocurrencia dentro de cada semana*



En la Figura N°3 se destaca una alta heterogeneidad de ITH entre semanas, pudiendo destacar la semana 6 como la de menores valores de ITH y la semana 8 donde ocurrieron los mayores valores de ITH. Se pudo constatar que en un 7,81% del tiempo los animales se encontraron bajo estado de emergencia (ITH mayor a 79). Debe tenerse en cuenta que los animales no necesariamente estuvieron expuestos a este ITH ya que de 10 a 17 horas se encontraban con sombra disponible lo que disminuye el tiempo que los animales estuvieron en estado de emergencia en un 60% (Rovira & Velazco, 2012).

#### 4.2. Características de la pastura

En el Cuadro N°6 se presenta el efecto de los tratamientos, la semana experimental y la interacción entre ambos sobre las variables describiendo a la pastura y su utilización.

Se observaron diferencias significativas debidas a los tratamientos para el rechazo y la altura del rechazo ( $p \leq 0,05$ ), además, y se encontraron diferencias significativas en la biomasa disponible debidas al tratamiento dependiente de la semana de evaluación ( $T \times S$ ,  $p \leq 0,05$ ).

La cantidad promedio de biomasa de MS disponible durante todo el período experimental fue de 8700 kg/ha (EE 249,36 kg/ha) con una altura promedio de 186,14 cm (EE 6,7 cm), no difiriendo estadísticamente entre tratamientos. Por el contrario, la biomasa y altura de remanente promedio, para el período fueron significativamente superiores cuando los animales fueron suplementados, sin embargo, esto no se reflejó en diferencias significativas en la utilización del forraje (54,28%, EE 2,42%). La asignación de forraje promedio efectiva para el experimento fue del 8,41% (EE 0,3%).

**Tabla 6**

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

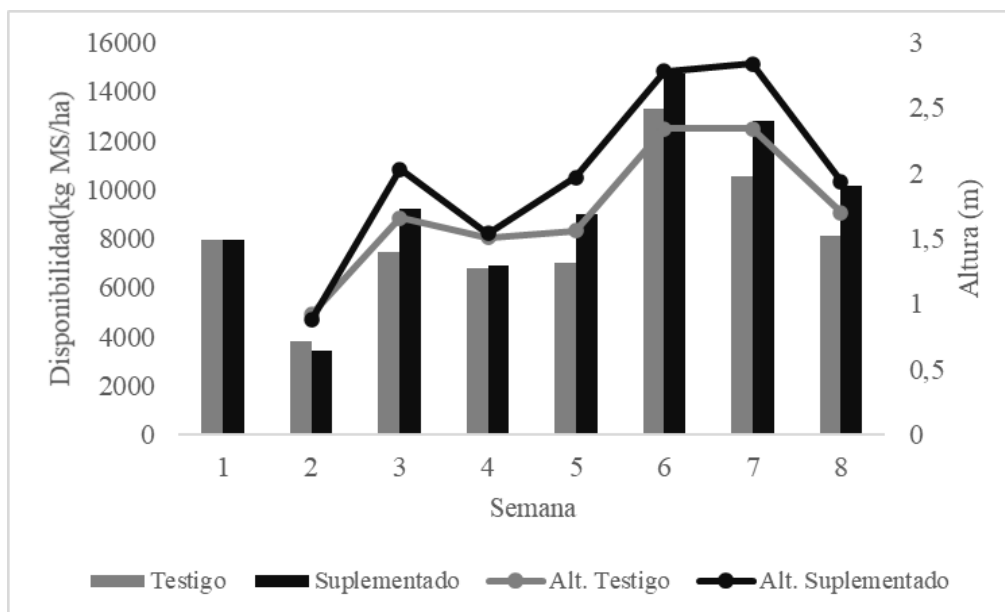
	Tratamientos			p-valor		
	Testigos	Suplementados	EE	T	S	T×S
Biomasa disponible	8128,4	9272,5	249,4	0,08	<.0001	0,04
Altura disponible	172,7	199,6	6,7	0,10	<.0001	0,17
Remanente	3377,3	4256,8	210,3	0,01	<.0001	0,49
Altura remanente	35,3	40,0	1,5	0,04	<.0001	0,31
Utilización de forraje	56,5	52,1	2,4	0,21	<.0001	0,07
AF efectiva (%)	8,4	8,4	0,3	0,86	0,07	1

*Nota.* Siendo Efecto del tratamiento (T), semana experimental (S). Biomasa en kg/ha, de base seca y altura en cm del forraje disponible, remanente y utilización expresado como %.

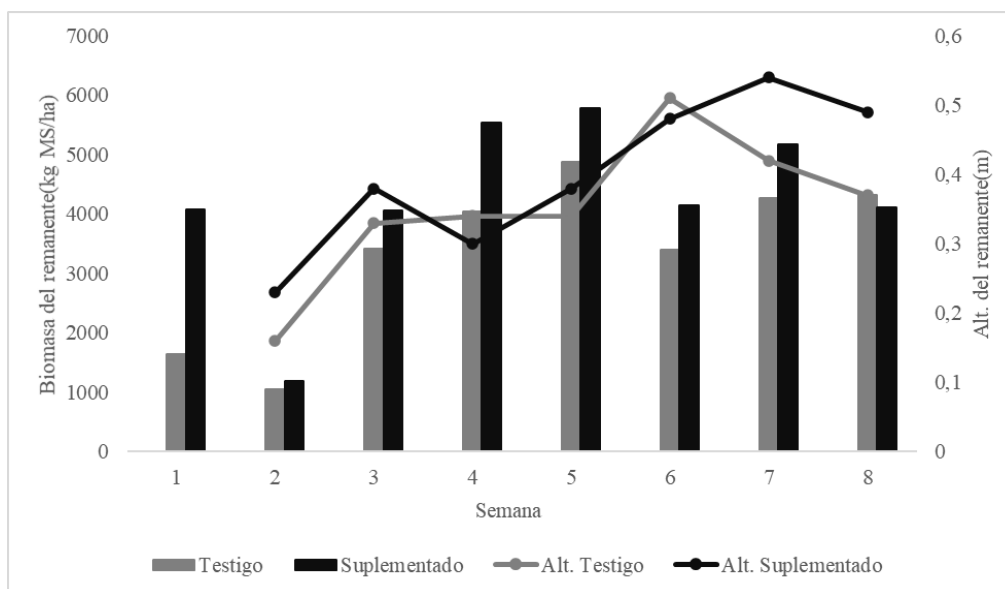
Todas las variables presentaron diferencias significativas entre semanas, evidenciando el efecto de una acumulación de forraje y altura diferencial. Con excepción de la biomasa disponible, el efecto del tratamiento no fue dependiente de la semana (Figuras 4, 5 y 6).

**Figura 4**

*Evolución de la biomasa disponible y altura durante el periodo experimental para testigos y suplementados*

**Figura 5**

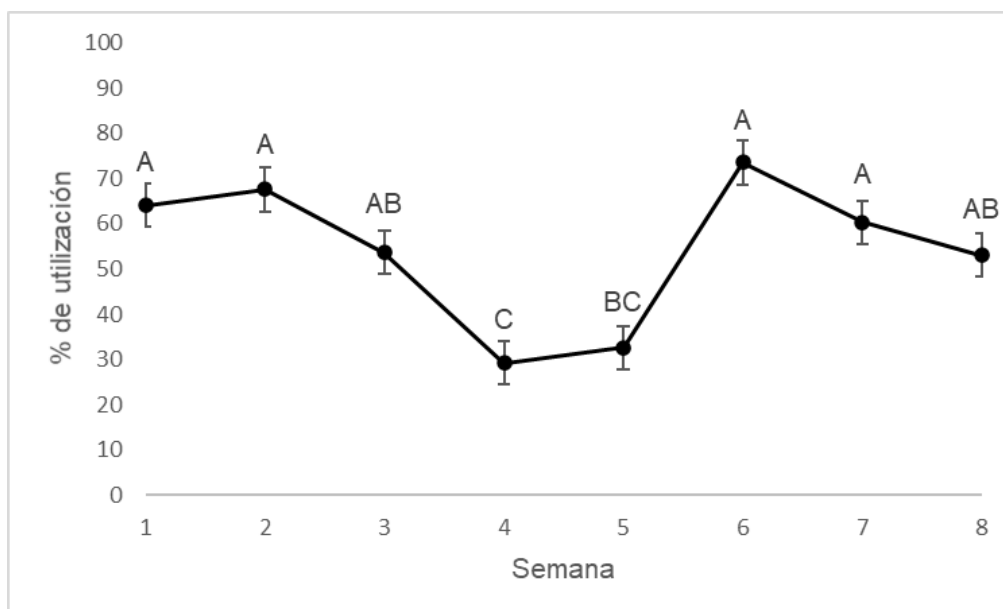
*Evolución del remanente y altura durante el periodo experimental para testigos y suplementados*





**Figura 6**

*Evolución de la utilización del forraje (%) durante el periodo experimental*



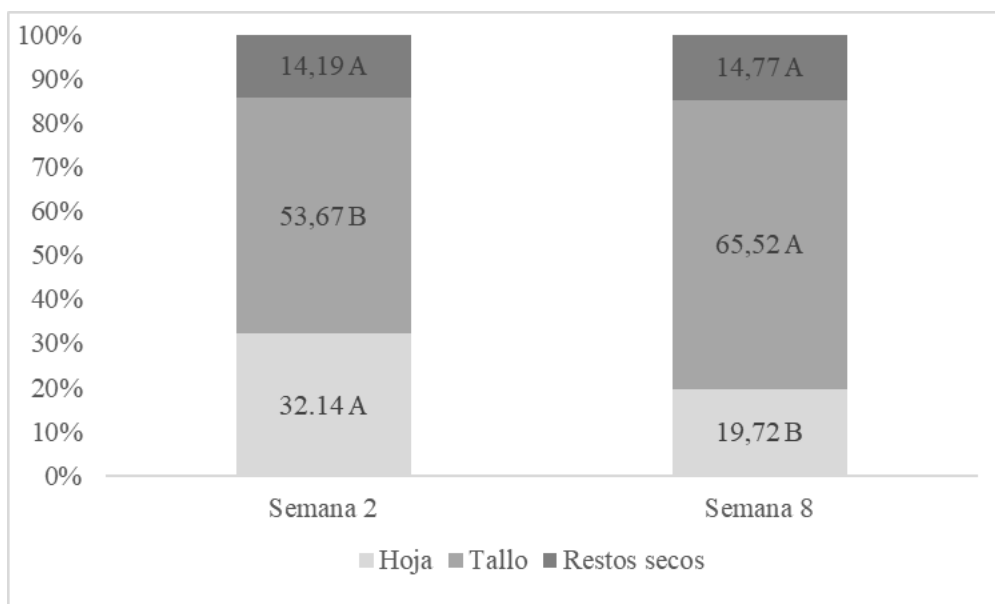
En la Figura N°6 se muestra que el forraje utilizado varió entre un 29,3 a un 73,5% como promedio de las semanas. Sin embargo, estadísticamente no se detectaron diferencias significativas entre 6 de las 8 semanas de pastoreo ( $p \leq 0,05$ ). Se aprecia una disminución clara en la utilización del forraje para las semanas 4 y 5.

#### **4.2.1 Composición botánica y química del forraje ofrecido**

La composición botánica del forraje ofrecido se caracterizó a partir de la proporción de hoja, tallos y restos secos, no observándose diferencias debidas al tratamiento ni a la interacción S×T ( $p \leq 0,05$ ), pero sí se produjo una variación en la proporción de tallo y hoja de forma significativa entre las semanas evaluadas ( $p \leq 0,05$ ), (Figura N°7).

**Figura 7**

*Evolución de la composición botánica del forraje ofrecido en porcentaje (%) para semana 2 y 8*



En el Cuadro N°7 se presenta la composición química del forraje ofrecido en las semanas 2, 5 y 8 del experimento. Las diferencias significativas se encontraron entre semana ( $p \leq 0,05$ ) y no entre tratamientos, ( $p > 0,05$ ). Los valores obtenidos en promedio para el periodo experimental del fueron 6,39% de PC, 7,51% de cenizas, 60,31% de aFDNmo, 31,21% de FDAmo y 64,33% de digestibilidad (Anexos A, B, C, D, E). La evolución de la composición química del sorgo mostró una disminución de la PC de la semana 2 a la 5 y se mantuvo hasta la 8.

Acompañado de esto el porcentaje de las fracciones FDN y FDA creció de la semana 2 a la 5 para decaer en la semana 8 por consiguiente la digestibilidad de la MS del forraje estimada presentó el mismo comportamiento. Por último, la fracción cenizas se redujo a medida que transcurrió el tiempo.

**Tabla 7***Composición química del forraje ofrecido de las semanas 2, 5 y 8 del experimento*

	PC%	C%	aFDNmo%	FDAmo%	Dig MS%
Semana 2	10,52 a	8,79 a	57,85 c	26,2 c	68,29 a
Semana 5	4,96 b	7,09 b	64,07 a	35,59 a	60,97 c
Semana 8	3,68 b	6,66 c	59,00 b	32,07 b	63,72 b
EE	0,0685	0,0582	0,0798	0,0919	0,0710

*Nota.* Medias seguidas de letras diferentes en la misma columna, 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: % DIVMS = 88.9 - (%FDA x0.779) Elaborado a partir de Di Marco (2011).

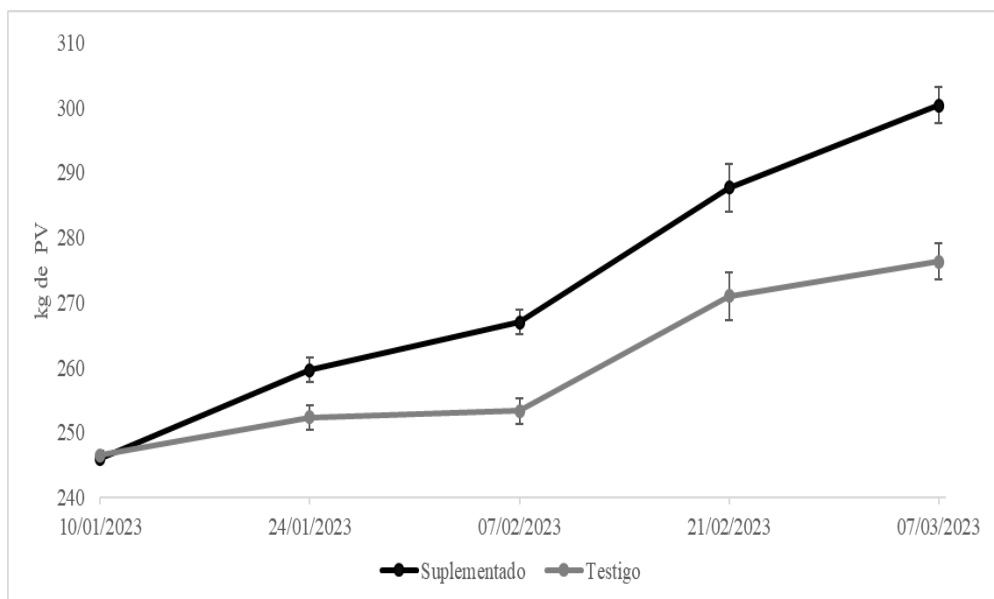
### 4.3. Performance animal

#### 4.3.1. Evolución del peso vivo

En la Figura N°8 se presenta la evolución de peso vivo para los tratamientos testigo y suplementado. Se puede observar que los pesos iniciales fueron los mismos para ambos tratamientos mientras que el peso al final del experimento resultó mayor ( $p < 0.05$ ) en los animales suplementados con lupino quebrado, dando una diferencia de 24 kg PV (Anexo F).

**Figura 8**

*Efecto de la suplementación con grano de lupino quebrado sobre la evolución del peso vivo*



#### 4.3.2. Ganancia media diaria

La suplementación tuvo un impacto significativo en la GMD promedio con respecto al testigo (0,971 vs 0,554 kg/d) resultando en mayor peso al final del periodo y una respuesta a la suplementación de 0.417 kg/d (Cuadro N° 8).

**Tabla 8**

*Efecto de la suplementación con grano de lupino quebrado sobre la ganancia media diaria (GMD)*

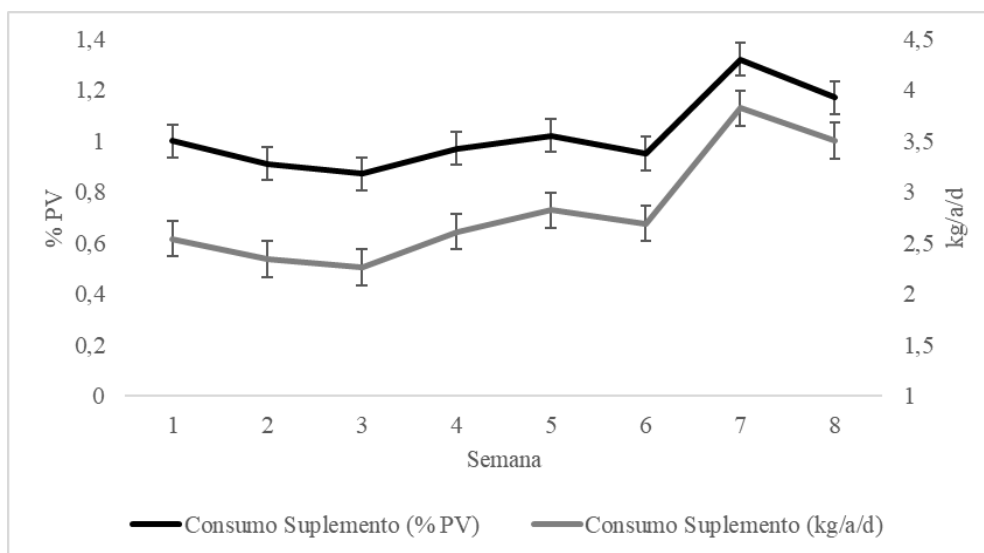
	Suplementado	Testigo	EE	p-valor
Peso Inicial (kg PV)	246,03	246,53	0,6236	0,7418
Peso Final (kg PV)	300,33	276,33	2,8577	0,0272
GMD (kg/a/d)	0.9706	0.5539	0.05926	<.0001

#### 4.4. Consumo y utilización del suplemento

El consumo promedio de lupino quebrado por animal fue de 2,82 kg/día (EE 0,175 kg) en base seca, equivalente a 1,03 kg de MS/ 100 kg de PV (EE 0,065 %). En la Figura N°9 se presenta la evolución promedio semanal que registró el consumo de suplemento durante el periodo experimental.

**Figura 9**

*Evolución semanal del consumo diario de lupino quebrado*



*Nota.* Expresado como % PV y en kg/animal.

Se registraron diferencias significativas entre semanas en el consumo del lupino, siendo en líneas generales las primeras semanas del experimento las de menor consumo y las últimas las que presentaron mayor consumo de suplemento (Anexo G).

En concordancia con lo anterior, se observa que en la curva que relaciona consumo y peso vivo no hubo diferencias significativas entre la primera y última semana del experimento, evidenciando que el crecimiento del consumo acompaña la evolución del peso de los novillos.

La amplitud de los valores presentó un consumo mínimo de 0,87% PV en la semana 3, y un consumo máximo de 1,32% PV para la semana 7. Se observaron diferencias significativas en el consumo de la semana 7 con respecto a las semanas 2, 3, 4 y 6 (Anexo H).

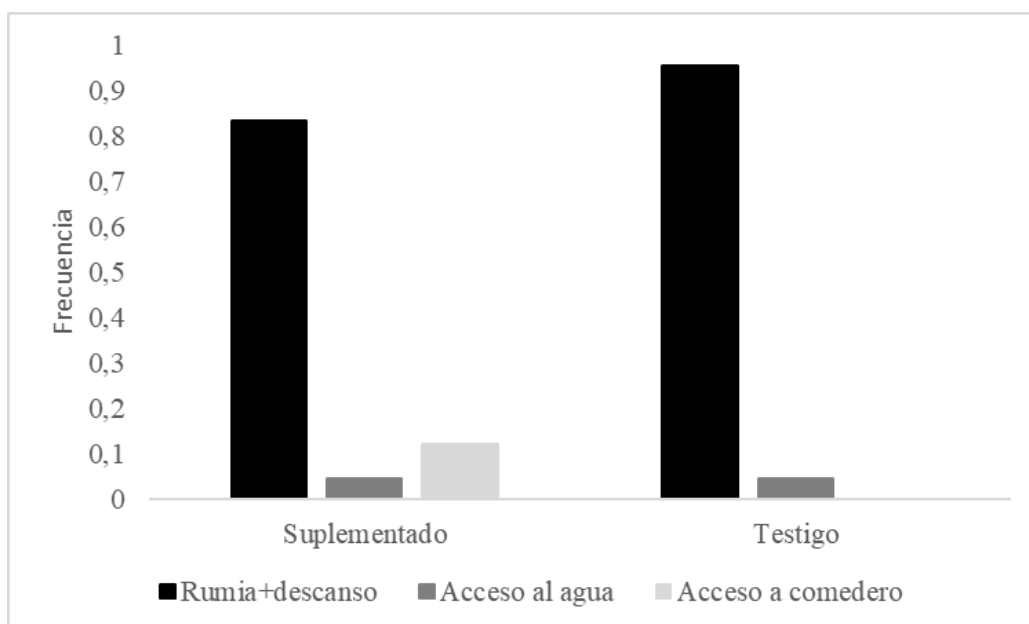
Partiendo de los datos de consumo de suplemento y la respuesta en ganancia de peso, se calculó la eficiencia de conversión del lupino quebrado dando como resultado una eficiencia de conversión de 6,8 kg de suplemento por cada kg PV ganado por el consumo de lupino quebrado.

#### 4.4.1. Consumo horario del suplemento y comportamiento ingestivo en el corral (10:00 a 17:00 h).

En la Figura N°10 se observa que tanto en testigos como suplementados no se vio diferenciado su acceso al agua de bebida, lo que sí presentó diferencias significativas fue la rumia+descanso realizado. Esta fue menor en suplementados explicado por el tiempo que dedicaban a consumir suplemento.

**Figura 10**

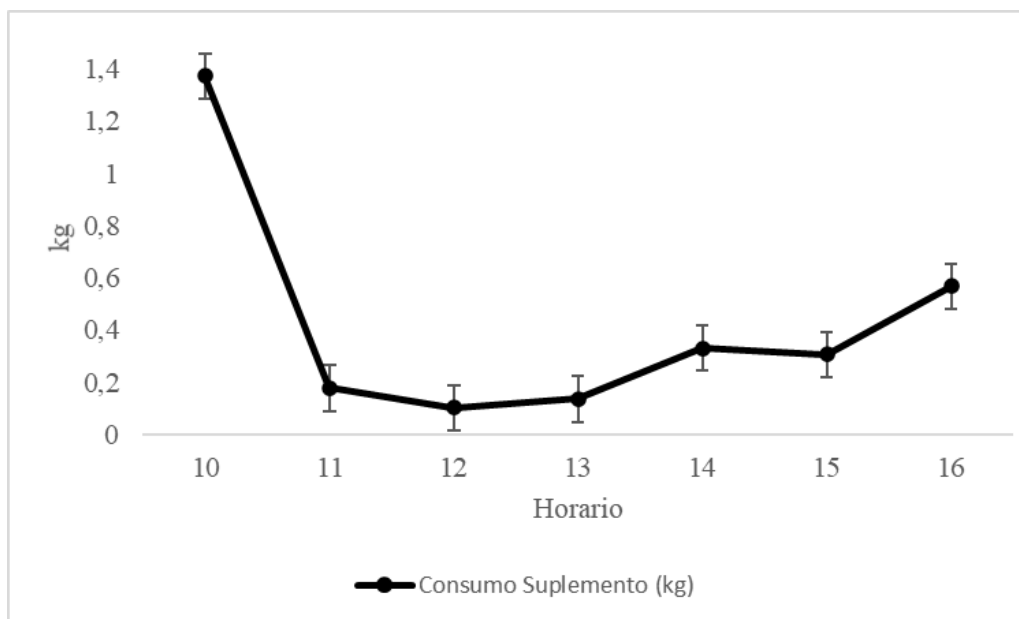
*Probabilidad de ocurrencia de cada actividad para testigos y suplementados*



Se puede observar en la Figura N°11 que los horarios de mayor consumo se presentaron a las 10:00 horas, horario en el cual ingresaban al corral, no habiendo diferencias de consumo en el resto de las horas de encierro, existiendo una tendencia a aumentar el consumo a medida que avanzó el día, debido al descenso paulatino de la temperatura (Anexo I).

**Figura 11**

*Evolución horaria del consumo de suplemento durante el tiempo de permanencia en el encierro*

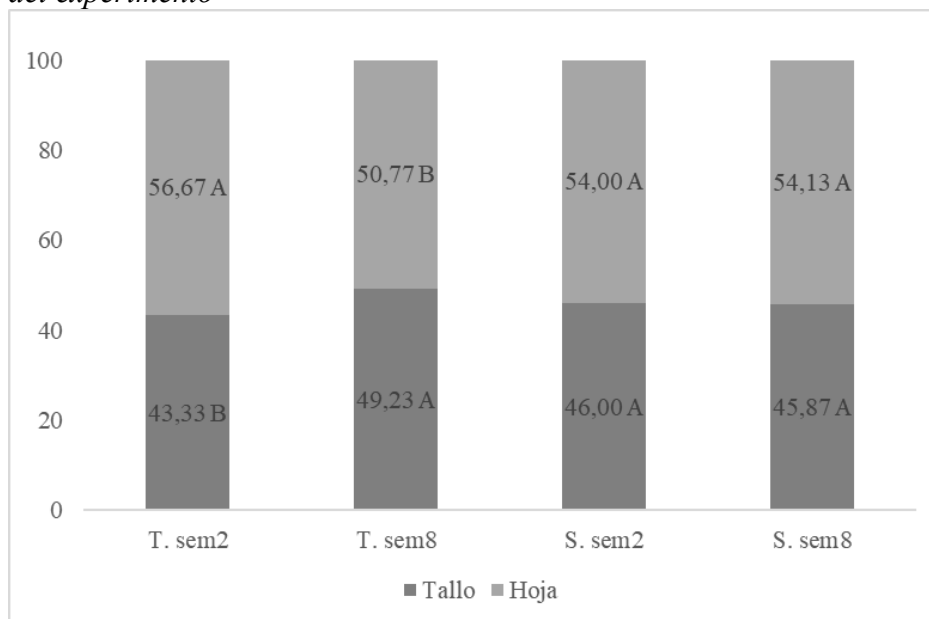


#### **4.4.2. Selección y comportamiento ingestivo en pastoreo (7:00 a 10:00 h y 17:00 a 20:00 h)**

La composición botánica del forraje consumido evidenció cambios en la selección asociados al tratamiento dependiendo de la semana de evaluación ( $T \times S$ ,  $p < 0.05$ ). En el tratamiento testigo, la proporción de hoja en la dieta fue mayor en la semana 2 (57%) que en la semana 8 (51%), ocurriendo lo inverso en la proporción de tallo, como se observa en la Figura N°12, sin embargo, en los animales suplementados la proporción de hoja cosechada se mantuvo constante entre semanas (54%).

**Figura 12**

*Composición botánica del forraje consumido según tratamiento para las semanas 2 y 8 del experimento*



*Nota.* Donde S es suplementado y T es testigo

**Tabla 9**

*Actividad de pastoreo y rumia+descanso (expresada como la probabilidad de ocurrencia de cada actividad)*

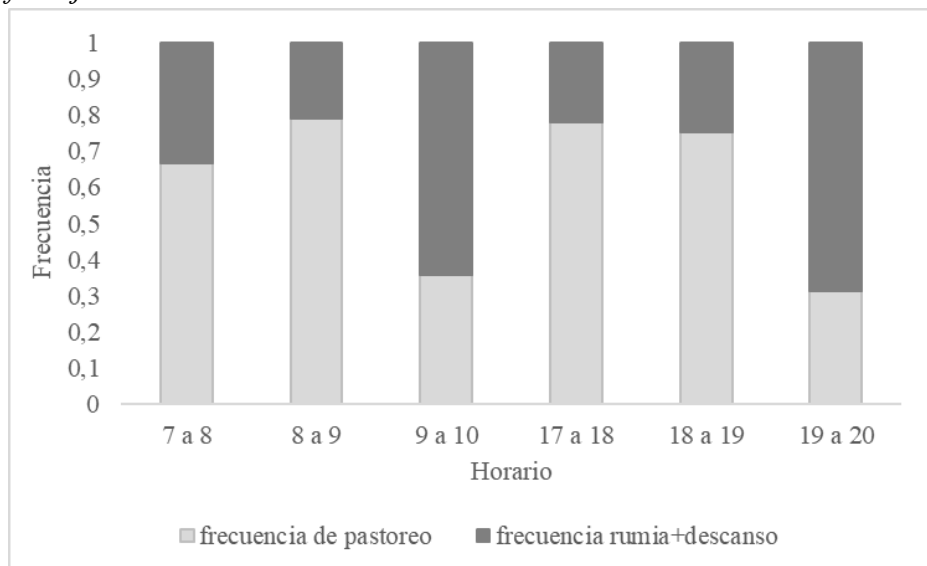
		Pastoreo	Rumia+Descanso	EE	Grupo
<b>Tratamiento</b>	Suplementado	0,6011	0,3989	0,0167	A
	Testigo	0,6030	0,3970	0,0165	A
<b>Semana</b>	2	0,5716	0,4284	0,0157	A
	8	0,6316	0,3684	0,0153	B
<b>Tratamiento*</b>	Supl. sem2	0,5616	0,4384	0,0223	A
	Supl. sem8	0,6393	0,3607	0,0216	A
<b>Semana</b>	Test. sem2	0,5816	0,4184	0,022	A
	Test. sem8	0,6239	0,3761	0,0216	A

En el Cuadro N°9 se aprecia que los tratamientos no presentaron diferencias significativas ni en pastoreo ni en rumia+descanso, tampoco hubo efecto de la interacción en tratamiento por semana. En cambio, sí presentó diferencias significativas cuando se evaluó el efecto semana.



**Figura 13**

*Patrón horario de comportamiento ingestivo diurno en novillos pastoreando sorgo forrajero en dos turnos*



Refiriendo a la Figura N°13 se denota que las mayores actividades de consumo de forraje se realizaron en las primeras horas de la mañana y en las primeras horas de la tarde luego de haber ingresado a la parcela. Se observa que de 9 a 10 h las frecuencias de pastoreo son menores mientras que las frecuencias de rumia y descanso son mayores, esto podría estar dado por los aumentos de temperatura próximos al mediodía. Se destaca también que posteriormente al encierro en los corrales (17:00 h) se produce un consumo elevado de forraje al entrar a la parcela.

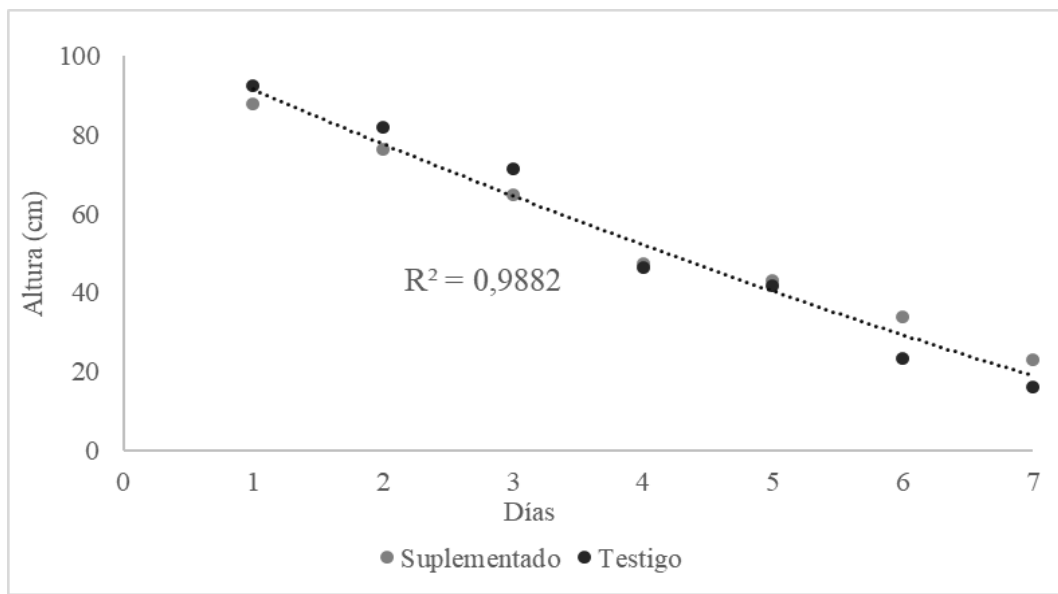
#### **4.4.3 Patrón de defoliación de la pastura de sorgo forrajero (semanas 2 y 8)**

El patrón de defoliación del sorgo, caracterizado a partir de la evolución de la altura de la pastura durante el tiempo de permanencia de los animales en la pastura, fue muy significativamente afectado por la interacción  $T \times S \times \text{día}$  (Anexo J).

Con relación a dicha interacción, en la Figura N°14 se observa cómo disminuyó la altura del forraje a medida que transcurrieron los días de la semana 2 del experimento. La altura de ingreso a la parcela en promedio fue de unos 90 cm de altura del forraje y la disminución promedio al día fue de unos 13 cm. Tanto en el tratamiento testigo como suplementado, no presentaron diferencias significativas en la altura del forraje al final de cada pastoreo.

**Figura 14**

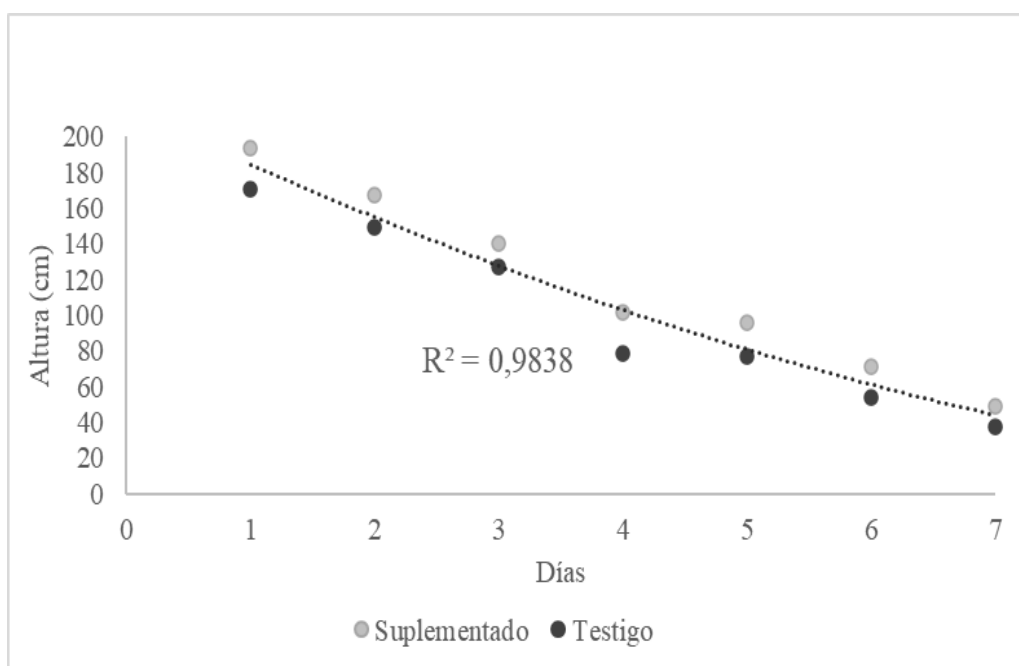
*Evolución de la altura de la pastura en la semana 2 del experimento*



En la Figura N°15 se observa como disminuyó la altura del forraje a medida que transcurrieron los días de la semana 8 del experimento, se observa que la altura de ingreso a la parcela en promedio fue de unos 182 cm de altura del forraje y la disminución promedio al día fue de unos 27 cm. Tanto en el tratamiento testigo como suplementado, no presentaron diferencias significativas en la altura del forraje luego de cada pastoreo

**Figura 15**

*Evolución de la altura de la pastura en la semana 8 del experimento*



A diferencia de la semana 2 del experimento se observa que la altura de ingreso a la parcela fue mayor, esto podría estar dado por un avance en el estado fenológico de la pastura. Como se observa en las Figuras 4 y 6 hay una diferencia entre la disponibilidad y utilización de materia seca en las semanas 2 y 8, esto implica que haya una mayor disminución de la altura por día.

## 5. Discusión

### 5.1. Condiciones ambientales

En el periodo en el cual se realizó el experimento, las condiciones ambientales fueron desfavorables para la producción animal, afectando la misma. El ITH calculado para ganado de carne indica un alto riesgo de estrés térmico para el animal, lo cual podría haber afectado la performance al disminuir el consumo voluntario de alimento y aumentar los requerimientos de mantenimiento para regular la temperatura corporal (Román, 2014). El estrés calórico fue reducido por el uso de sombra artificial en los corrales de encierro en las horas de mayor riesgo.

A medida que avanzó el periodo experimental la pastura ofrecida sufrió una pérdida notable de calidad. El crecimiento y desarrollo del cultivo, el aumento de la fracción tallo sumado a las condiciones ambientales desfavorables (altas temperaturas y estrés hídrico) generaron una caída en la proteína cruda y aumento de los carbohidratos estructurales. Autores que evaluaron el comportamiento de sorgo conforme avanza su desarrollo, afirman que la concentración de materia seca, proteína y la digestibilidad disminuye mientras que la concentración de fibra aumenta (Amador & Boschini, 2000; Boschini & Amador, 2001; Elizondo, 2004; Fassio et al., 2002).

### 5.2. Condiciones de la pastura

La cantidad promedio de biomasa disponible durante el período experimental fue de 8700 kg/ha (EE 249,36 kg/ha) con una altura promedio de ingreso a la parcela de 186,14 cm (EE 6,7 cm). No hubo diferencias significativas entre tratamientos, pero sí entre semanas para la altura y disponibilidad del forraje, evidenciando el avance fenológico de la pastura. La composición botánica de la pastura, evaluada en las semanas 2 y 8 del experimento, presentó diferencias significativas, notándose una mayor proporción de la fracción tallo y una disminución de la proporción de hojas en la semana 8 con respecto a la 2, asociado al avance del estado fenológico del cultivo (Cazzuli et al., 2019). En la semana 2 del experimento, se constató 62,8% de tallo y 37,2% de hoja y en la semana 8, 76,5% de tallo y 23,5% de hoja. Datos reportados a nivel nacional por Cazzuli et al. (2019) donde la proporción de tallo y hoja es 69,2% y 29,4% respectivamente, reafirman los datos recabados.

A diferencia de la semana 8, en la semana 2 la población de plantas era de menor avance fenológico, menor peso y altura, presentando una mayor relación hoja/tallo. Esto determinó una mayor proporción de hoja consumida con respecto a la semana 8 en la cual las plantas presentaban mayor tamaño y proporción de tallo. En relación a la selección de los órganos, si bien fue mayor el consumo de hoja en la semana 2 que en la 8 esto se debió en gran parte a la composición botánica de las plantas ya que la utilización no fue estadísticamente diferente (Anexo K). En cuanto a la composición química de las pasturas en la semana 2 se da un mayor aporte de proteína y menor de FDA y FDN también asociado al estado de desarrollo de las plantas, sin embargo, esta diferencia se hace menos notoria en la composición química del bocado medido a través del *Hand clipping*. Esto

sugiere que el efecto de selección es mayor en la semana 8 donde los órganos de la planta se presentan más desarrollados y la capacidad de selección por parte del animal es mayor.

En la semana 2 la altura de ingreso de la pastura fue menor por el tiempo de crecimiento y desarrollo que tuvo la pastura hasta ese momento (altura promedio 90 cm), en cambio, en la semana 8 debido a que la pastura tenía un estado fenológico más avanzado, la altura de ingreso era mayor (altura promedio 182 cm). Analizando la defoliación diaria de la pastura durante el tiempo de permanencia en la parcela de pastoreo; evidencio una disminución promedio de altura de forraje diaria fue 13 cm y 27 cm para las semanas 2 y 8, respectivamente, esto es explicado por el aumento de la capacidad de consumo de los animales, debido a un mayor desarrollo del tracto digestivo. Un tracto digestivo de mayor tamaño puede contener más MS.

### **5.3 Performance animal**

El rodeo experimental partió de un peso promedio de 246 kg, transcurriendo 8 semanas de experimento tuvieron una evolución diferencial en ambos tratamientos, finalizando con 276 kg para testigos y 300 kg para suplementados.

La superficie de pastoreo ganadero para todo el experimento fue de 10,57 ha, distribuyéndose en 5,44 ha para los testigos y 5,13 ha para los suplementados. A priori se podría esperar que la superficie de pastoreo ganadero (SPG) fuera aún mayor en suplementados que en testigos ya que la asignación de las dimensiones de las parcelas se realiza a partir del peso de los animales, sin embargo, a los animales suplementados se les asignó aleatoriamente parcelas resultaron con mayor disponibilidad de forraje. En el experimento la carga promedio para ambos tratamientos fue 4,3 UG/ha, obteniéndose similares ganancias a las registradas por Montossi et al. (2017) que estuvieron en torno a los 0,320-0,800 kg por día suplementando novillos con distintas dietas y cargas de 7,5 a 10 UG/ha. Por lo tanto, se puede concluir que modificando la carga se pueden obtener similares resultados de ganancia de peso.

El efecto de la suplementación con grano de lupino quebrado fue ampliamente significativo, mejorando la ganancia media diaria de 0,554 kg en animales sin suplementar a 0,971 kg en los animales consumiendo el suplemento.

Las ganancias de peso de los testigos sin suplementar se mantuvieron dentro del rango esperado para animales dentro de esta categoría, asignación de forraje y régimen de encierro en horas de mayor demanda atmosférica. Un trabajo realizado por Tagliani y Taño (2021), reporta que con AF 8% en novillos de sobreaño con encierro diurno, la ganancia diaria promedio fue de 574 gramos. Kuchman Robaina et al. (2022) que trabajaron con novillos de sobreaño y AF 8% reportaron ganancias promedio de 617 gramos/día.

El sorgo forrajero ofrece en los sistemas, un alto aporte de materia seca en momentos críticos del año, sin embargo, presenta una limitante en su calidad debido a su bajo aporte de proteína en la dieta (Baldi et al., 2001).

El consumo de lupino quebrado por animal, ofrecido *ad libitum* en régimen de autoconsumo, fue de 2,82 kg en base seca. Cuando expresamos estos valores de consumo como porcentaje del peso vivo, el promedio para el experimento fue de 1,03 % PV. En comparación con el trabajo de Acosta et al. (2022), donde se suplemento lupino al 1% del PV y el rechazo fue muy bajo (0,02% PV), en este trabajo los animales también consumieron una fracción similar de suplemento. Esto podría estar sugiriendo que el lupino está autorregulando el consumo a través del mecanismo de saciedad fisiológica, por lo tanto, indistintamente del nivel de suplementación van a tender a consumir el 1% del PV.

La inclusión de un alimento con altos niveles de proteína y energía mejoraron la performance de los novillos. Esto se debe a que tiene un impacto positivo en el consumo total de energía y proteína metabolizable. Los valores de proteína de lupino para el experimento fueron de 36,7% y para energía metabólica según la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2019) reporta datos de 2,96 Mcal/kg de materia seca.

En base al porcentaje obtenido de los análisis enviados al laboratorio con muestras de lupino y sorgo forrajero utilizado y la concentración de EM reportados en FEDNA (2019), la proteína y energía metabolizable de la dieta suministrada a los testigos es de 0.68 kg/a/día de proteína cruda y 33,64 Mcal/a/día de energía metabolizable. En el caso de los suplementados la proteína se vio incrementada debido al aporte del lupino estimándose un valor en la dieta de 1,70 kg/a/día. La EM también se vio incrementada en un 22% con respecto a los testigos, siendo el valor de la misma de 41,36 Mcal/a/día.

Según Aguilera et al. (1992), la proteína cruda del grano de lupino presenta una desaparición de 92,4% a las 24h en rumen cuando se ofrece molido. Esto muestra que la proteína del lupino se descompone muy rápidamente en el rumen y pasa a ser parte de la proteína microbiana, de esta forma existe una mayor cantidad de microorganismos que pueden degradar el alimento y así aumentar su tasa de pasaje.

La inclusión de alimentos de alto valor nutricional genera un aumento de la microflora ruminal aumentando su actividad celulolítica, tasa de pasaje y absorción de nutrientes a nivel de intestino delgado (Gutierrez-Ornelas & Klopfenstein, 1991).

Partiendo de los datos de consumo de suplemento, ganancia de peso y evolución del peso vivo para los animales suplementados y testigos en este experimento, se calculó la eficiencia de conversión del lupino quebrado, dando como resultado 6,8 kg de suplemento por cada kg PV ganado por el consumo de lupino quebrado. En su trabajo Acosta et al. (2022) con un manejo del experimento similar al realizado en el presente trabajo, compararon la respuesta a la suplementación diaria con lupino utilizando diferentes métodos de procesamiento del lupino en novillos pastoreando sorgo forrajero, registraron una eficiencia de conversión global de 4,4:1, explicada esta diferencia por una disminución en las ganancias obtenidas por el tratamiento testigo en el trabajo comparado.

El grano de lupino quebrado ofrecido *ad libitum* en comedero de autoconsumo con encierro diurno de 10:00 a 17:00 h con acceso a sombra y agua, no refleja problemas

a nivel digestivo de los animales asociado a la dieta. Incrementa la ganancia media diaria en novillos de sobreaño, sin afectar el consumo de sorgo forrajero.

El suministro de suplemento no afectó la utilización del forraje, esta respuesta se asocia a un efecto de adición del suplemento que habría contribuido al aumento del consumo de materia seca y de la EM. Este efecto puede estar ligado al tipo de suplemento y sus características como el alto aporte de energía de alta digestibilidad y alto aporte de proteína. Este efecto aditivo coincide con los resultados del trabajo realizado por Acosta et al. (2022).

### **5.3.1 Comportamiento ingestivo en el corral**

Cuando los animales fueron encerrados (10:00 h) se observaron dos actividades que realizaron inmediatamente luego del ingreso al corral, una de ellas fue el consumo de agua para ambos tratamientos, y el acceso a los comederos por parte de los animales suplementados. Estos últimos se dirigen a consumir lupino ofrecido *ad libitum* y es el único momento en que se los puede observar a todos los animales consumiendo al mismo tiempo. Este comportamiento coincide con los datos relevados por Acosta et al. (2022) quienes pesando el suplemento de lupino cada 60 minutos observaron que el 80% de este desaparece en la primera hora. Luego de realizar esta ingesta primaria los animales dedican tiempo a descanso y rumia, también se encuentran por momentos echados, levantándose ocasionalmente para dirigirse a los comederos y bebederos. No se registró diferencias significativas de consumo en el resto de horas, existiendo una tendencia a aumentar el consumo a medida que transcurre el día. Esto se puede deber a un rápido llenado del rumen en la primera hora del encierro y a medida que se vacía gradualmente y disminuyen las condiciones de estrés térmico se va retomando el consumo. Tanto en testigos como suplementados no se vio diferenciado su acceso al agua de bebida, lo que sí presentó diferencias significativas fue la rumia+descanso realizada. Esta fue menor en suplementados explicado por el tiempo que dedican a consumir suplemento.

### **5.3.2 Comportamiento ingestivo en pastoreo**

Los tratamientos no presentaron diferencias significativas ni en actividad de pastoreo ni en rumia+descanso, tampoco hubo diferencias significativas en tratamiento por semana. En cambio, sí presentó diferencias significativas cuando se evaluó el efecto semana.

La mayor actividad de consumo de forraje se realizó en las primeras horas de la mañana (7:00 a 9:00 h) y se redujo a partir de las 9:00 h, probablemente debido al aumento de la temperatura lo cual deprime su actividad (Rovira & Velazco, 2012). En las primeras horas de la tarde, luego de haber sido retirados del corral (17:00 a 19:00), se registra nuevamente una alta actividad de pastoreo; al reingresar a la parcela los animales expresan nuevamente voluntad por consumir forraje. Casanova (2020) suplementando con DDGS de sorgo a novillos pastoreando sorgo forrajero también con encierro diurno (10:00 a 16:00) afirma que en las primeras 3 horas de la mañana los animales sin suplemento aumentaron la actividad de pastoreo respecto a los suplementados. Luego en

las últimas horas de la tarde los animales sin DDGS continuaron con mayor actividad de pastoreo con respecto a aquellos con suplemento. Asimismo, las actividades de pastoreo y rumia fueron mayores en animales sin suplemento, presentando además un menor tiempo de descanso, sin afectar la tasa de bocado promedio. Es probable que diferencias encontradas por este autor, que contrastan con los resultados obtenidos en el presente trabajo, sean consecuencia de la forma de medición que en este caso se midió rumia y descanso conjuntamente. La contradicción entre datos de los autores citados (Rovira & Velasco, 2012) y este trabajo se debe al suplemento, en su caso usando DDGS. Se puede decir entonces que el uso de lupino quebrado en novillos de sobreaño generaría un aumento diferencial del peso vivo sin afectar el comportamiento ingestivo en la pastura.

#### **5.4. Implicancias prácticas**

Los novillos alimentados con grano de lupino quebrado en autoconsumo se encuentran después de 8 semanas de suplementación con 24 kg de PV más respecto a los animales sin suplementar. Además, se proporciona un coeficiente técnico (eficiencia de conversión de 6,8:1) que permite el cálculo del precio de equilibrio del grano de lupino el cual me permite saber hasta cuánto puedo pagar la tonelada de grano. De esta forma, permite al productor realizar una comparación de insumos utilizados para suplementación animal, eligiendo la alternativa de mayor retorno generando menor costo por kg de carne producida.

A modo de ejemplo, utilizando el precio del novillo a la fecha de la realización de este trabajo final de grado, el precio de equilibrio hasta el cual se justifica pagar por el grano de lupino quebrado sería de 333 U\$S la tonelada, tomando un precio de novillo de 2 U\$S/kg. Sumado a esto, una mejora de los rendimientos del cultivo de lupino podría amortizar los costos de producción en mayor rendimiento en grano, abaratando la ecuación. A su vez, si el precio del novillo aumenta, nos podemos permitir pagar más por el insumo grano de lupino.

La inclusión de lupino quebrado en un comedero de autoconsumo sin restricciones permite a los productores tener la seguridad de que los animales tengan un consumo aproximado del 1% de PV sin necesidad del uso de reguladores del consumo. Tampoco se registran problemas digestivos asociados al uso de esta dieta.

Las propiedades de este grano nos permiten incluirlo como fuente energética y proteica, como una nueva alternativa para la elaboración de raciones totalmente mezcladas (RTMs) para distintas categorías de ganado de carne pudiendo utilizarse dependiendo de la circunstancia de precio y disponibilidad del mercado de granos, con el fin de lograr dietas de bajo costo sin perjudicar las performances animales.



## 6. Conclusiones

La suplementación con grano de lupino quebrado ofrecido *ad libitum* en horario restringido (10:00 a 17:00 h) a novillos raza Hereford de  $246 \pm 38$  kg pastoreando sorgo forrajero al 8% del peso vivo, permite ganancias de 0,9 kg de peso vivo, con una eficiencia de conversión del concentrado ofrecido de 6,8:1. Los animales suplementados experimentan una ganancia superior a los testigos sin suplementar de 0,417 kg de peso vivo, sin afectar el consumo de forraje, observándose un consumo voluntario de lupino en régimen de autoconsumo del 1% del peso vivo.

## 7. Bibliografía

- Acosta, A., Simeone, P., & Ubilla, N. (2022). *Efecto de la suplementación con grano de lupino y su procesamiento sobre la performance de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero durante el verano* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/36673/1/Acosta%20LagaxioAlejandro.pdf>
- Adams, D. C. (1985). Effect of time of supplementation on performance, forage intake and grazing behaviour of yearling beer steers grazing russian wild ryegrass in the fall. *Journal of Animal Science*, *61*(5), 1037-1042.  
<https://doi.org/10.2527/jas1985.6151037x>
- Aguilar, J. A. (2016). *Efecto del tipo de sombra y genotipo sobre la capacidad termoreguladora de ganado finalizado en corral bajo estrés calórico* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California]. Repositorio Institucional UABC.  
<https://repositorioinstitucional.uabc.mx/server/api/core/bitstreams/d0beea62-7b7f-49a7-a60d-b5bbf3a4c98a/content>
- Aguilera, J. F., Bustos, M., & Molina, E. (1992). The degradability of legume seed meals in the rumen: Effect of heat treatment. *Animal Feed Science and Technology*, *36*(1-2), 101-112. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90090-S](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90090-S)
- Altamirano, A., Da Silva, H., Duran, A., Echevarría, A., Panario, D., & Puentes, R. (1976). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: Tomo I: Clasificación de suelos*. MAP.  
[https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/Comunicaciones/carta\\_de\\_reconocimiento\\_de\\_suelos\\_Tomo\\_I.pdf](https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/Comunicaciones/carta_de_reconocimiento_de_suelos_Tomo_I.pdf)
- Amador, A. L., & Boschini, C. (2000). Calidad nutricional de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum alnum*) para alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana*, *11*(2), 79-84. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43711212.pdf>
- Baldi, F., Fernández, J., & Gómez, F. (2001). *Efecto de la suplementación energética y distintos niveles de asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando praderas permanentes durante el verano* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/38115/1/BaldiFernando.pdf>

- Barbera, P., & Benítez, J. (2016). *Sorgo forrajero para pastoreo*. INTA. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/maiz\\_sorgo/42-sorgo\\_pastoreo.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/42-sorgo_pastoreo.pdf)
- Beede, D. K., & Collier, R. J. (1986). Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science*, 62(2), 543-554. <https://doi.org/10.2527/jas1986.622543x>
- Beretta, V., Simeone, A., & Bentancur, O. (2013). Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: Efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos. *Agrociencia (Uruguay)*, 17(1), 131-140. <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v17n1/v17n1a16.pdf>
- Beretta, V., Simeone, A., Bergos, I., Errandonea, J., Garcia Pintos, J., Burjel, M. V., Casanova, D., & Zabalveytia, N. (2019). Uso de DDGS y Lupino en la recría de terneros pastoreando verdeos de invierno ¿mejores o peores suplementos que el grano de sorgo? En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *21ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Un mediocampo para ganar el partido de la rentabilidad* (pp. 44-53). UPIC.
- Beretta, V., Simeone, A., D' Ambrosio, B., Motta, M., & Pedetti, J. (2021). Suplementación invernal con Lupino en la recría de terneros pastoreando campo natural sobre Basalto. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *22ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Nuevos datos para una ganadería más eficiente* (pp. 44-47). UPIC.
- Beretta, V., Simeone, A., Franco, J., & Baldi, F. (2004). Uso de alimentos concentrados en sistemas ganaderos: ¿Es buen negocio suplementar al ganado? En Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (Ed.), *6ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Manejo nutricional en ganado de carne* (pp. 12-15). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2004.pdf>
- Beretta, V., Simeone, A., Zabalveytia, N., Burjel, M. V., Acland, M., Blanco, W., Soca, D., & Victorica, M. (2021). Suplementación con Lupino en la recría de terneros pastoreando raigrás Bill Max. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *22ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Nuevos datos para una ganadería más eficiente* (pp. 34-39). UPIC.
- Beretta, V., Simeone, A., Zabalveytia, N., Burjel, M. V., Cabrera, F., Echeverría, F., & Jorajuría, R. (2021). Una nueva fórmula para el corral de terneros: "ración con certificación CL (con lupino)". En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *22ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Nuevos datos para una ganadería más eficiente* (pp. 56- 63). UPIC.

- Boschini, C., & Amador, A. L. (2001). Degradabilidad ruminal de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum alnum*) en diferentes etapas de crecimiento. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 169-174.
- Cañas, R. C. (1995). *Alimentación y nutrición animal*. Universidad Católica de Chile.
- Carámbula, M. (1977). *Producción y manejo de pasturas sembradas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2007). *Verdeos de verano*. Hemisferio Sur.
- Casanova, D. (2020). *Efecto de la suplementación con DDGS y el encierro diurno sobre el comportamiento productivo de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/30153>
- Castilho, J. (2012). *Desempenho de bovinos de corte terminados em pastagem de sorgo com suplementação de farelo de trigo e de arroz integral* [Trabajo final de grado, Universidade Federal do Pampa]. Repositorio Institucional da Unipampa.  
<https://repositorio.unipampa.edu.br/bitstream/rii/2823/1/JOS%C3%89%20O%C3%81VIO%20PINTO%20CASTILHO.pdf>
- Catrileo, A., & Rojas, C. (1995). Uso del lupino en producción animal. *Tierra Adentro*, (4), 48-49.  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68752/NR18329pdf?sequence=15&isAllowed=y>
- Cazzuli, F., Lagomarsino, X., Luzardo, S., & Montossi, F. (2019). ¿Existe respuesta a la suplementación estratégica en novillos de recría pastoreando sudangrás y sorgo forrajero? *Agro Sur*, 47(2), 7-17.  
<http://revistas.uach.cl/index.php/agrosur/article/view/6033/7143>
- Chilibroste, P. (2000). Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: Predicción del consumo. En J. Moraes & M. Rodriguez (Eds.), *XXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 1-11). CMVP.  
<https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/2909/JB1998c.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Church, D. C. (1993). *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition*. Acribia.  
[https://books.google.com.uy/books?id=BotSEAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.uy/books?id=BotSEAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

- Clariget, J. M., Banchemo, G., Aznarez, V., Perez, E., Roig, G., Luzardo, S., Fernandez, E., & La Manna, A. (2018). Mitigación del estrés calórico en novillos terminados a corral. *Revista Argentina de Producción Animal*, 38(1), 1-13.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15539/1/Revista-Argentina-de-Produccion-Animal-2018.v.38.-no.1-Clariget.pdf>
- Coates, D. B., & Penning, P. (2000). Measuring animal performance. En L. 't Mannelje & R. M. Jones (Ed.), *Field and laboratory methods for grassland and animal production research* (pp. 353-402). CABI.  
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/9780851993515.0353>
- Crempien, C. (1993). Efecto de la suplementación con grano de lupino en ovejas a pastoreo en rastrojos de trigo. *Agricultura Técnica*, 53(4), 310-314.  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/35257/NR16484pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Crempien, C., & Badilla, C. (1994). Efecto de la suplementación con lupino en ovejas alimentadas con paja de trigo o falaris senescente. *Agricultura Técnica*, 54(2), 141-146.  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/38004/NR16720pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cruz, G., & Saravia, C. (2008). Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 12(1), 56-60.  
<https://doi.org/10.31285/AGRO.12.745>
- DeShazer, J., Hahn, L., & Xin, H. (2009). Basic principles of the thermal environment and livestock energetics. En J. A. DeShazer (Ed.), *Livestock energetics and thermal environmental management* (pp. 1- 22). ASABE.  
<https://dr.lib.iastate.edu/server/api/core/bitstreams/59fde338-e40a-42ab-b256-888e2887b314/content>
- Di Marco, O. (2011). *Estimación de calidad de los forrajes*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/45-calidad.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf)
- Elizondo, J. (2004). Consumo de sorgo negro forrajero (*Sorghum alnum*) en cabras. *Agronomía Mesoamericana*, 15(1), 77-80.  
<https://kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/86947/53.pdf?sequence=1>
- Erbas, M., Certel, M., & Uslu, M. K. (2005). Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.). *Food Chemistry*, 89(3), 341-345.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.040>

- Esquivel, J., Velazco, J., & Rovira, P. (2007). Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangrás durante el verano. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada de divulgación de la Unidad Experimental Palo a Pique* (pp. 22-36).  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/1444519031-3151943.pdf>
- Fassio, A., Cazzolino, D., Ibañez, W., & Fernández, E. (Eds.). (2002). *Sorgo: Destino forrajero*. INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807141139.pdf>
- Fernández, M. A., & Chiatellino, D. (2014). Engorde pastoril con sorgos nevadura marrón o BMR como forraje fresco. *Desafío 21*, 20(38), 23-25.  
<http://repositorio.inta.gob.ar:80/handle/20.500.12123/3502>
- Fernández, M. A., Stuart, R. J., Chongo, B., & Martin, P. C. (2011). Ceba pastoril con sorgos de nevadura marrón o BMR (Brown Middle Rib) como forraje fresco. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(3), 251-256.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022270006.pdf>
- Freer, M., & Dove, H. (1984). Rumen degradation of protein in sunflower meal, rapeseed meal and lupin seed placed in nylon bags. *Animal Feed Science and Technology*, 11(2), 87-101. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(84\)90014-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(84)90014-2)
- Fundación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal. (2019). *Tablas FEDNA 2019* (4ª ed.). <https://fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>
- 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.  
<https://doi.org/10.2527/1991.6941741x>
- 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. <https://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000138.pdf>
- Herrera-Saldana, R. E., Huber, J. T., & Poore, M. H. (1990). Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. *Journal of Dairy Science*, 73(9), 2386-2393.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030290789229>
- Hill, G. D. (2007). The use of lupin seed in human and mineral diets-revisited: Lupins in ruminant feeding. En Van Santen E., Hill, G. D., & International Lupin Association (Ed.), *Mexico, where old and new world lupins meet* (pp. 252- 266). Lincoln University.

- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (s.f.). *Termoestrés en Bovinos: Manual de ayuda*. [http://www.inia.uy/Documentos/Privados/GRAS/Sistemas-informacion-teledeteccion/Manual\\_INIA%20Termoestres.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/Privados/GRAS/Sistemas-informacion-teledeteccion/Manual_INIA%20Termoestres.pdf)
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (s.f.). *Tablas estadísticas*. <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
- Jahn, B. E., Cortes, B. K., Bórquez, L. F., Venegas, F. P., & González, S. C. (1999). Degradación ruminal in situ del grano de maíz, cebada y lupino dulce en el uso de diferentes métodos de procesamiento. *Agricultura Técnica*, 59(2), 96-106. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/39643>
- 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* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/32785>
- Lagomarsino, X., & Montossi, F (2014). Engorde estival de novillos en pastoreo sobre sorgos forrajeros con suplementación proteica. *Revista INIA*, (39), 17-22. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3895/1/Revista-INIA-39-17-22.pdf>
- Latimer, G. (Ed.). (2012). *Official methods of analysis of AOAC International* (19<sup>th</sup> ed.). AOAC International.
- Luna-Zamora, G., Pro-Martínez, A., Mendoza-Pedroza, S., González-Cerón, F., Sosa-Montes, E., Rodríguez-Ortega, L., Rodríguez-Ortega, A., & Luna-Botello, A. (2019). Lupino: Una alternativa de proteína para consumo animal y humano en México. *Agro Productividad*, 12(8), 53-57. <https://core.ac.uk/reader/249321570>
- Mera, M. (Ed.). (2016). *Lupino dulce y amargo producción en Chile*. INIA. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6507/Bolet%c3%adm%20INIA%20N%c2%b0%20326?sequence=1&isAllowed=y>
- Mera-Zuniga, F., Pro-Martinez, A., Zamora-Natera, J., Sosa-Montes, E., Guerrero-Rodriguez, J., Mendoza-Pedroza, S., Cuca-García, J., Lopez-Romero, R., Chan-Diaz, D., Becerril-Perez, C., Vargas-Galicia, A., & Bautista-Ortega, J. (2019). Total substitution of soybean meal by dehulled lupine (*Lupinus angustifolius* L.) seed and enzyme supplementation in starter diets for broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(4), 564-573. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6409463/>
- Montossi, F., Cazzuli, F., & Lagomarsino, X. (Eds.). (2017). *Sistemas de engorde de novillos sobre verdeos anuales estivales en la región de basalto*. INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/st-230-2017.pdf>

- Murray, F., Gallego, J. J., Miñón, D. P., & Barbarossa, R. A. (2010). Verdeos de verano para pastoreo o henificado: Una alternativa forrajera de rápido crecimiento. *Valle Inferior Informa*, 5(22), 1-4. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/10677>
- Oberto, F. M., Pirria, A. M., & Reitú, A. M. (2006). *Estrés calórico: ¿Qué podemos hacer? ¿Dietas frías, manejo del ambiente?* Sitio Argentino de Producción Animal. [www.produccion-animal.com.ar/clima\\_y\\_ambientacion/36-estres\\_calorico.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/36-estres_calorico.pdf)
- Ørskov, E. R. (1982). *Protein nutrition in ruminants*. Academic Press.
- Perrachon, J. (2010). Verdeos de verano: Un seguro para épocas difíciles. *Revista del Plan Agropecuario*, (135), 61-65. <https://www.planagropecuario.org.uy/web/145/revistas/agosto-2010-n%C2%B0135.html>
- Peruchena, C. (1999). *Suplementación de bovinos para carne sobre pasturas tropicales: Aspectos nutricionales, productivos y económicos*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/32-suplementacion\\_sobre\\_pasturas\\_tropicales.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/32-suplementacion_sobre_pasturas_tropicales.pdf)
- Petterson, D. S. (2000). The use of lupins in feeding systems. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(6), 861-882. <https://doi.org/10.5713/ajas.2000.861>
- 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. *South African Journal of Animal Science*, 48(4), 73, 683-694. <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i4.10>
- Raposo, S., Da Costa, R., & Bungenstab, D. J. (2015). *Nutrição de bovinos de corte: Fundamentos e aplicações*. Embrapa.
- Rojas, C., & Carrasco, L. (1987). Niveles de grano de lupino en la alimentación de novillos. *Agricultura Técnica*, 47(1), 67-70. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/39491>
- Rojas, C., & Catrileo, A. (1998). Grano de lupino blanco (*Lupinus albus*) y australiano (*Lupinus angustifolius*) entero o chancado, en la engorda invernal de novillos. *Agro Sur*, 26(2), 70-77. <http://revistas.uach.cl/index.php/agrosur/article/view/3865>



- Rojas, C., & Catrileo, A. (2004). *Alimentación en ganado*. INIA.  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/29302/NR31626pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, C., Catrileo, A., & Hormazábal, W. G. (2011). Evaluación productiva y económica de urea, grano de lupino, expeller de maní y afrecho de soya en raciones de engorda de vaquillonas. *Agro Sur*, 39(1) 57-67.  
<http://revistas.uach.cl/index.php/agrosur/article/view/4059>
- Román, L. (2014). *Evaluación de medidas de mitigación del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas lecheras* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/24146/1/RománGayLorenaCarolina.pdf>
- Rovira, P. (2002). Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada Anual De Producción Animal: Resultados experimentales* (pp. 79- 95).  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14445110313125711.pdf>
- Rovira, P. (2012). Riesgo de estrés calórico en la Región Este del Uruguay. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Producción animal: Unidad experimental Palo a Pique* (pp. 17-21).  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10373/1/Ad-695.pdf>
- Rovira, P., & Echeverría, J. (2013). Desempeño productivo de novillos pastoreando sudangras o sorgo forrajero nervadura marrón (BMR) durante el verano. *Revista Veterinaria*, 24(2), 91-96.  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1669-68402013000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1669-68402013000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Rovira, P., & Velazco, J. (2012). Cuantificación de variables climáticas y de respuesta animal asociadas al estrés calórico durante el verano. En P. Rovira (Ed.), *Uso de la sombra en la recría de novillos en sistema pastoriles de la región este del Uruguay* (pp. 25-30). INIA.  
<http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429301012120420.pdf>
- Sarker, A. B., & Holmes, W. (1974). The influence of supplementary feeding on the herbage intake and grazing behaviour of dry cows. *Grass and Forage Science*, 29(2), 141-143. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2494.1974.tb01242.x>
- Simeone, A. (2000). Producción intensiva de carne (II). *Revista FUCREA*, (205), 16-19.

- Soares de Lima, J., Bemhaja, M., & Montossi, F. (2010). Años muy buenos, años muy malos: El rol de la suplementación en sistemas ganaderos extensivos en un contexto de alta variabilidad climática y de producción forrajera. *Revista INIA*, (22), 16-20.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2165/1/14432220710125034.pdf>
- Soto, C., & Reinoso, V. (2007). Suplementación proteica en ganado de carne. *Veterinaria*, 42(167), 27-34.  
<https://revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/316/197>
- Tagliani, R. E. M., & Taño, C. M. G. (2021). *Estrategias de manejo del pastoreo y respuesta a la suplementación en novillos pastoreando sorgo forrajero* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/32003>
- Theurer, C. B. (1986). Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*, 63(5), 1649-1662.  
<https://academic.oup.com/jas/article-abstract/63/5/1649/4662255?login=false>
- Van Barneveld, R. J. (1999). Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Reviews*, 12(2), 203-230. <https://doi.org/10.1079/095442299108728938>
- 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.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030291785512>
- Waldo, D. R. (1968). Effect of forage quality on intake and forage: Concentrate interaction. *Journal of Dairy Science*, 69(2), 617-631.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030286804465>
- Wedin, W. F. (1970). Digestible dry matter, crude protein and dry matter yield of grazing-type sorghum, cultivars as affected by harvest frequency. *Agronomy Journal*, 62(3), 359-362.  
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1970.00021962006200030015x>
- Yang, W. Z., Beauchemin, K. A., Farr, B. I., & Rode, L. M. (1997). Comparison of barley, hullless barley and corn in the concentrate of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(11), 2885-2895.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030297762532>

## 8. Anexos

### Anexo A

*Resultados del análisis químico del sorgo forrajero para la variable proteína cruda*

%PC	Testigos	Suplementados	EE	Significancia entre tratamientos
Semana 2	10,42	10,62	0,8606	ns
Semana 5	6,13	3,78	0,8606	ns
Semana 8	3,71	3,65	0,8606	ns

**Anexo B***Resultados del análisis químico del sorgo forrajero para la variable FDNmo*

aFDNmo%	Testigos	Suplementados	EE	Significancia entre tratamientos
Semana 2	57,96	57,76	0,1129	ns
Semana 5	63,97	64,17	0,1129	ns
Semana 8	58,90	59,11	0,1129	ns

**Anexo C***Resultados del análisis químico del sorgo forrajero para la variable FDAmo*

FDAmo%	Testigos	Suplementados	EE	Significancia entre tratamientos
Semana 2	26,40	26,00	0,1301	ns
Semana 5	35,51	35,68	0,1301	ns
Semana 8	32,06	32,07	0,1301	ns

**Anexo D***Resultados del análisis químico del sorgo forrajero para la variable digestibilidad*

Dig MS%	Testigos	Suplementados	EE	Significancia entre tratamientos
Semana 2	68,13	68,44	0,1004	ns
Semana 5	61,03	60,91	0,1004	ns
Semana 8	63,73	63,72	0,1004	ns

**Anexo E***Resultados del análisis químico del sorgo forrajero para la variable ceniza*

C%	Testigos	Suplementados	EE	Significancia entre tratamientos
Semana 2	8,78	8,79	0,0823	ns
Semana 5	7,21	6,99	0,0823	ns
Semana 8	6,53	6,79	0,0823	ns

**Anexo F***Kilogramos de peso promedio de los diferentes tratamientos en el periodo experimental*

---

	10/01	24/01	07/02	21/02	07/03
Testigo (PV kg)	246,53	252,33	253,33	271	276,33
Suplementado (PV kg)	246,03	259,67	267	287,67	300,33

---



**Anexo G***Diferencias entre los consumos semanales de suplemento expresado en kg MS/a/d*

Semana	Consumo Supl.(kg/a/d)	EE	Grupo
7	3,78	0,33	A
4	3,55	0,33	AB
8	3,50	0,33	AB
5	3,00	0,33	ABC
6	2,94	0,33	BC
1	2,59	0,33	CD
2	2,49	0,33	CD
3	2,04	0,33	D

**Anexo H**

*Diferencias entre los consumos semanales de suplemento expresado como % de peso vivo*

Semana	Consumo Supl. (% PV)	EE	Grupo
4	1,35	0,06	A
7	1,30	0,06	AB
8	1,18	0,06	ABC
5	1,09	0,06	ABC
6	1,04	0,06	BCD
1	1,01	0,06	CD
2	0,97	0,06	CD
3	0,87	0,06	D

**Anexo I***Consumo de MS de suplemento por hora*

Horario	Consumo Supl.(kg)	EE	Grupo
10	1,3722	0,08742	A
16	0,5674	0,08742	B
14	0,3306	0,08751	B
15	0,3065	0,08751	B
11	0,1778	0,08751	B
13	0,1367	0,08751	B
12	0,1021	0,08751	B

**Anexo J***Defoliación de la pastura y significancia de la altura remanente de la pastura*

	EE	p valor
Tratamiento	4,2716	0,2693
Semana	3,7923	<0,0001
Día dentro de semana	3,8513	<0,0001
Trat*Día dentro de semana	5,4465	0,7381
Trat*Semana*Día dentro de semana	7,3755	0,002

**Anexo K***Composición del bocado según la fracción y tratamiento*

---

	Hoja	Tallo	EE	Grupo
Testigo	54,07	45,93	0,609	A
Suplementado	53,72	46,28	0,609	A
Semana 2	55,33	44,67	0,609	A
Semana 8	52,45	47,55	0,609	B

---