

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN INVERNAL CON GRANO DE LUPINO
SOBRE LA PERFORMANCE DE TERNEROS HEREFORD PASTOREANDO
CAMPO NATURAL

por

Bruno Manuel D'AMBROSIO ZEBALLOS

María Mercedes MOTTA RECHAC

Joaquín PEDETTI ROIG

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO

URUGUAY

2021

Tesis aprobada por:

Director: -----

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

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

Dr. (MSc.) Juan Franco

Fecha: 3 de setiembre de 2021

Autores: -----

Bruno Manuel D´Ambrosio Zeballos

María Mercedes Motta Rechac

Joaquín Pedetti Roig

AGRADECIMIENTOS

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

A José Pedetti y Alejandro Tonelli por posibilitarnos realizar el experimento en el establecimiento “El Jaguel”, y cedernos sus instalaciones e insumos para llevar a cabo nuestro trabajo. También un especial agradecimiento a todo el personal de campo, por su colaboración en la etapa experimental.

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

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

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
2.1. LA RECRÍA DENTRO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.....	4
2.1.1. <u>Crecimiento y desarrollo como principales procesos biológicos</u>	4
2.1.2. <u>Requerimientos nutricionales de la recría</u>	6
2.2. CAMPO NATURAL COMO BASE FORRAJERA DE LA RECRÍA.....	9
2.2.1. <u>Pasturas naturales de la región basáltica</u>	11
2.2.2. <u>La recría en campo natural sobre Basalto y sus limitantes</u>	12
2.3. SUPLEMENTACIÓN PARA MEJORAR LA PERFORMANCE DE LA RECRÍA.....	14
2.3.1. <u>Interacción animal-pastura-suplemento</u>	17
2.3.1.1. Efecto del animal.....	18
2.3.1.2. Efecto de la pastura.....	18
2.3.1.3. Efecto del tipo y nivel de suplemento.....	20
2.3.2. <u>Antecedentes de respuesta a la suplementación. Uso de subproductos industriales</u>	23
2.3.2.1. Afrechillo de arroz.....	23
2.3.2.2. Granos de destilería.....	26
2.4. <i>Lupinus angustifolius</i> . UNA NUEVA ALTERNATIVA PARA LA SUPLEMENTACIÓN EN BOVINOS PARA CARNE EN EL PAÍS.....	28
2.4.1. <u>El género <i>Lupinus</i></u>	28
2.4.2. <u>Producción y utilización mundial del grano</u>	29
2.4.3. <u>Inserción a nivel de sistema de producción</u>	30
	IV

2.4.4. <u>Características nutricionales del grano</u>	31
2.4.4.1. Contenido de fibra y energía.....	31
2.4.4.2. Contenido de proteína.....	32
2.4.4.3. Contenido de lípidos.....	33
2.4.4.4. Contenido de minerales.....	34
2.4.4.5. Contenido de factores antinutricionales.....	34
2.4.5. <u>¿Es necesario un procesamiento previo del grano al suministrarse en dietas de bovinos?</u>	35
2.4.6. <u>Respuesta a la suplementación</u>	36
2.5. HIPÓTESIS.....	37
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	38
3.1. UBICACIÓN Y PERÍODO DEL EXPERIMENTO.....	38
3.2. ÁREA EXPERIMENTAL E INFRAESTRUCTURA	38
3.3. CLIMA.....	39
3.4. ANIMALES Y TRATAMIENTOS.....	40
3.5. BASE FORRAJERA Y SUPLEMENTO.....	40
3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	42
3.6.1. <u>Período preexperimental</u>	42
3.6.2. <u>Período experimental</u>	43
3.7. REGISTROS Y MEDICIONES.....	44
3.7.1. <u>Animales</u>	44
3.7.1.1. Consumo de suplemento.....	44
3.7.1.2. Peso vivo.....	44
3.7.1.3. Comportamiento ingestivo.....	44
3.7.2. <u>Pastura</u>	45
3.7.2.1. Disponibilidad de forraje, altura de forraje disponible y proporción de restos secos.....	45

3.7.3. <u>Registros meteorológicos</u>	46
3.8. ANÁLISIS QUÍMICO DE LA DIETA.....	46
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	46
4. <u>RESULTADOS</u>	49
4.1. REGISTROS METEOROLÓGICOS.....	49
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA.....	50
4.2.1. <u>Caracterización física de la pastura</u>	50
4.2.2. <u>Caracterización química de la pastura</u>	53
4.3. PERFORMANCE ANIMAL.....	54
4.3.1. <u>Ganancia media diaria y evolución de peso</u>	54
4.3.2. <u>Consumo de suplemento y eficiencia de conversión</u>	56
4.4. COMPORTAMIENTO ANIMAL DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL.....	57
5. <u>DISCUSIÓN</u>	61
5.1. AMBIENTE PRODUCTIVO.....	61
5.2. PERFORMANCE ANIMAL.....	62
5.2.1. <u>Performance de terneros del tratamiento Testigo</u>	62
5.2.2. <u>Performance de terneros del tratamiento lupino</u>	64
5.2.2.1. Consumo de suplemento y eficiencia de conversión.....	64
5.3. COMPORTAMIENTO INGESTIVO.....	66
5.4. CÁLCULO DE RESULTADO ECONÓMICO.....	68
6. <u>CONCLUSIONES</u>	70
7. <u>RESUMEN</u>	71
8. <u>SUMMARY</u>	72
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	73
10. <u>ANEXOS</u>	95

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Requerimientos nutricionales diarios para terneros de 150 kilogramos, de razas británicas y continentales. Frame 3.5.....	9
2. Producción anual, en kilogramos de materia seca por hectárea, y distribución estacional, para los distintos tipos de suelos, superficiales rojizos, superficiales negros, medios y profundos, presentes en la región basáltica.....	12
3. Resumen de experimentos nacionales de suplementación invernal con afrechillo de arroz en terneros/as sobre campo natural de la región basáltica y región Este.....	25
4. Composición nutricional del DDGS de sorgo (expresado en base seca).....	28
5. Composición química del grano de <i>Lupinus angustifolius</i> suministrado (expresado en base seca).....	42
6. Registro de temperatura del aire mínima media, media y máxima media, y ocurrencia de heladas agrometeorológicas durante el período comprendido entre el 20 de julio al 14 de setiembre, para la serie histórica (SH) de datos de 49 años (1970-2019) y para el año 2020, y el correspondiente promedio de cada parámetro durante el período mencionado.....	50
7. Efecto de la suplementación con lupino a terneros pastoreando campo natural sobre la condición física promedio de la pastura durante el período experimental (medias ajustadas).....	51
8. Efecto de la suplementación con lupino a terneros pastoreando campo natural sobre los parámetros de composición química de la pastura seleccionada (hand clipping), durante el período experimental.....	53
9. Efecto de la suplementación con lupino sobre las variables relacionadas a la performance animal, para los tratamientos involucrados en el experimento.....	54
10. Nivel de significancia de los efectos analizados para las variables de comportamiento ingestivo.....	58

11. Eficiencias de conversión del suplemento en distintos escenarios de precios del ternero y del grano, a partir de los cual es rentable implementar la tecnología.....	68
12. Resultado económico de la suplementación invernal durante 56 días a terneros pastoreando campo natural con <i>Lupinus angustifolius</i>	69
Figura No.	
1. Diseño del área experimental, con identificación de los tratamientos y sus respectivas repeticiones, y ubicación estimada de comederos y bebederos.....	39
Gráfico No.	
1. Temperaturas mensuales medias (T. med.), mínimas medias (T. mín. med.) y máximas medias (T. máx. med.), y precipitaciones acumuladas promedio, para la serie histórica 1970-2019 durante el período 20 de julio al 14 de setiembre, en la zona del experimento.....	39
2. Proporción de especies según tipo productivo relevadas en el área experimental.....	41
3. Precipitaciones mensuales registradas correspondientes al período experimental para el año 2020 y para la serie histórica 1970-2019.....	49
4. Evolución de la disponibilidad promedio y altura del forraje de las unidades experimentales durante las semanas de medición del período experimental.....	52
5. Evolución de la proporción de restos secos de cada tratamiento, durante las semanas de medición del período experimental.....	53
6. Evolución de peso vivo de terneros pastoreando campo natural durante el período invernal sin suplemento (Testigo) o suplementados diariamente con grano de lupino a razón del 0.91% del peso vivo (lupino).....	55
7. Ganancia media diaria promedio, máxima y mínima de cada tratamiento del experimento.....	56

8. Consumo de suplemento expresado en kilogramos de materia seca por animal por día y como porcentaje del peso vivo, en cada semana dentro del período experimental.....	57
9. Probabilidad de ocurrencia de las distintas actividades durante el período de horas de luz (7:00-19:00), según tratamiento.....	58
10. Probabilidad de ocurrencia de las actividades de pastoreo y rumia para cada tratamiento, en las semanas de evaluación durante el período experimental.....	59
11. Tasa de bocado de la mañana y la tarde según la semana de medición.....	60

1. INTRODUCCIÓN

La recría vacuna es la etapa de desarrollo del animal desde el destete hasta el momento del entore en hembras, o el ingreso a la invernada en machos, siendo de vital importancia los procesos de crecimiento y desarrollo de los animales.

Por varios motivos, generalmente no es una etapa priorizada dentro de los sistemas de producción convencionales, realizándose mayormente sobre pasturas naturales. Los momentos más críticos de la recría son durante el primer y segundo invierno, donde las condiciones climáticas y la cantidad y/o calidad del campo natural no permiten aprovechar este período de crecimiento animal, lo que genera ineficiencias en esta etapa productiva (Campos et al., 2002). Numerosos trabajos a nivel nacional han demostrado que terneros post destete, pastoreando sobre campo natural en el invierno, registran pérdidas de peso en el entorno de 150 a 200 gramos por día, lo que lleva a entorar y faenar animales a edades avanzadas, y conduce a ineficiencias a nivel de sistema de producción. Los resultados productivos varían según el tipo de suelo, del año y características del potrero. En el caso de los suelos de Basalto, los mismos se caracterizan por la predominancia de pasturas finas de buena calidad, por lo que la principal limitante en la estación invernal es la cantidad de forraje disponible (Pigurina et al., 1998b).

Diferentes trabajos de investigación y validación en condiciones comerciales muestran la conveniencia productiva y económica de acelerar la etapa de recría de los terneros. Dicha aceleración del proceso de recría se obtiene mediante la utilización de distintos suplementos, que mejoren la calidad de la dieta en su conjunto y la cantidad consumida por animal, levantando las restricciones de la base forrajera invernal. Para ello, debe tenerse en cuenta que los requerimientos nutricionales en ganado de carne son función de las exigencias de mantenimiento, del estado fisiológico y de la tasa y composición de la ganancia de peso vivo, y en el caso de la recría, tener presente que es la etapa de crecimiento más activa del animal, donde las exigencias de proteína son máximas. Por lo tanto, el tipo de suplemento a suministrar en categorías jóvenes debe ser un concentrado energético-proteico que satisfaga los requerimientos del animal, contemplando las restricciones que presente la dieta base, en este caso, el campo natural.

A nivel nacional existe abundante información demostrando la buena respuesta que existe a la suplementación de terneros en condiciones de campo natural durante el invierno, la cual posibilita mantener niveles de ganancia en torno a 250 gramos/día, cuando los terneros son suplementados con concentrados energético-proteicos a un nivel de 0.7 a 1% del peso vivo, y teniendo en cuenta que cuando los mismos no son suplementados experimentan pérdidas de peso mencionadas anteriormente, los valores de eficiencia de conversión del suplemento se sitúan entre 3 a 4 kg de concentrado por cada kg peso vivo ganado adicionalmente (Beretta y Simeone, 2008).

Históricamente el afrechillo de arroz entero ha sido el subproducto de mayor estudio y difusión a nivel de productores. El mismo deriva del procesamiento del arroz en la industria molinera, siendo ampliamente disponible en la zona Norte y Este del país. Este subproducto industrial se caracteriza por poseer una importante concentración de energía metabolizable (EM), en torno a 2.6 megacalorías por kilogramo de materia seca (Mcal/kg de MS), y niveles de proteína bruta en torno a 13%. Debido a su adecuada relación energía/proteína se adapta muy bien a los requerimientos de la categoría bajo estudio, permitiendo respuestas en ganancia de peso del orden de los 400 gramos por día (g/d).

Actualmente los granos de destilería o burlanda seca con solubles (DDGS) comenzaron a tomar mayor relevancia, especialmente los obtenidos a partir de sorgo, que son los que se encuentran mayormente disponibles en el mercado nacional. Dichos granos de destilería se consideran un suplemento interesante, dado su aporte energético y proteico, con niveles en torno a 2.9 Mcal/kg de MS de EM y valores de proteína bruta en torno a 27 a 30%. Este subproducto ha sido estudiado recientemente como una alternativa novedosa para suplementar a la recria vacuna durante el período invernal, arrojando resultados alentadores, donde su uso a razón de 1.5-2.15% del peso vivo en terneros/as pastoreando campo natural sobre Basalto, ha permitido obtener ganancias medias diarias superiores al afrechillo de arroz, y mejorar en consecuencia, la respuesta a la suplementación.

En virtud de los antecedentes, el grano de lupino se presenta como una alternativa de suplementación innovadora para la categoría de recria, sobre la cual se debe generar información, ya que es un cultivo que ha sido introducido recientemente y comienza a estar disponible en el país, el cual, además de jugar un rol importante en la rotación como cultivo de invierno, presenta un perfil nutricional interesante, que podría adecuarse a los requerimientos de la categoría mencionada. El grano de lupino presenta niveles de proteína bruta elevados, en torno a 29 a 31%. Dicha proteína es rápidamente degradable a nivel ruminal, a diferencia del DDGS de sorgo, el cual tiene niveles proteicos similares, pero con una menor degradabilidad en rumen, lo que, en consecuencia, podría modificar la respuesta animal. También el aporte energético del grano de lupino es relevante, en torno a 3 Mcal/kg de MS. Sin embargo, la composición de carbohidratos es diferente, ya que la reserva de estos en grano es en forma de beta-glucanos. Además, las cubiertas de la semilla del lupino, que representan un 25% del peso total del grano, se componen en una alta proporción por hemicelulosa, siendo la fibra soluble alrededor del 75% de la fibra alimentaria total, por lo tanto, también el aporte energético del grano es a través de la fibra de calidad. Otra característica compartida con los granos de destilería, los que presentan un importante contenido de fibra de alta digestibilidad.

Aunque a nivel internacional se dispone de experimentos que incluyen al lupino en dietas de rumiantes, con niveles de inclusión del grano entre 0.33 a 1.72% del peso vivo, no se reportan trabajos experimentales en cuanto a su uso como suplemento a terneros pastoreando campo natural. Por tal motivo, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta a la suplementación con grano de lupino en términos de ganancia de

peso vivo y peso a la salida del invierno, y la eficiencia de utilización de dicho suplemento, en vacunos en crecimiento de razas carniceras pastoreando campo natural durante el invierno. Adicionalmente, como variables interpretativas se propone caracterizar el efecto de la suplementación con este grano sobre la utilización del forraje y el comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA RECRÍA DENTRO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

2.1.1. Crecimiento y desarrollo como principales procesos biológicos

La recría es una etapa de la vida del animal que se encuentra íntimamente ligada al crecimiento del mismo. Dicho proceso fisiológico se asocia normalmente a un aumento de peso en función del tiempo. Sin embargo, con dicha representación simplificada no siempre queda claro que, además del peso, también existen cambios en otros parámetros del animal que son importantes para comprender el crecimiento y su efecto en la respuesta productiva de los bovinos para carne (Di Marco, citado por Luzardo et al., 2014).

Otros autores señalan que el crecimiento tiene dos aspectos, por un lado, asociado al aumento de masa por unidad de tiempo y por otro, referido a cambios en forma y composición que resultan en un crecimiento diferencial de las partes componentes del cuerpo. Es decir, que consideran al crecimiento per se y como un proceso de desarrollo (Fowler, citado por Bavera et al., 2005).

Veneciano y Frasinelli (2014) definen al crecimiento como: *“El conjunto de cambios cuantitativos (hiperplasia -multiplicación celular- e hipertrofia -aumento del volumen celular-) y cualitativos (desarrollo -con redistribución espacial de la masa viviente y consecuentes modificaciones en la forma del animal- y diferenciación celular -con modificaciones en la composición y fisiología celular-) que se producen en un organismo desde la formación del cigoto hasta alcanzar la forma adulta característica de la especie”*.

En la producción de carne vacuna, el crecimiento es el aumento de peso debido a la acumulación diferencial de proteína, grasa y agua a medida que avanza la edad del animal. En animales jóvenes, categorías de recría, la mayor parte del aumento de peso se debe principalmente al aumento de la masa proteica, que, en conjunto con el agua, conforman el tejido muscular. En animales adultos, se modifica la proporción de deposición de los tejidos, aumentando la cantidad de grasa (Di Marco, 2007). Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, durante la etapa de crecimiento de la recría es fundamental considerar los requerimientos nutricionales, y al saber que el tejido mayormente depositado es el muscular, se debe evitar especialmente deficiencias proteicas.

Existen varias formas para medir el crecimiento, pero la más usual es a través de la medición del peso corporal, donde mediante una curva de tipo sigmoide se puede representar el crecimiento acumulado de materia viva en kilogramos, en función de la edad. Se logran distinguir dos partes en dicha curva, por un lado, una fase de autoaceleración, que se extiende desde el principio de la vida del animal hasta la pubertad, donde el potencial de crecimiento es muy elevado y se tiene una mayor eficiencia de conversión, determinada por una ganancia importante de peso en valor absoluto por

unidad de tiempo. Durante dicha fase, el aumento de la masa corporal supera ampliamente a las pérdidas, es decir, predominan procesos anabólicos respecto a los catabólicos. Esta diferencia entre el aumento y la pérdida de masa animal se mantiene relativamente constante y el incremento de peso con relación a la edad es lineal. En el punto de inflexión, que generalmente se corresponde con la pubertad en animales superiores, es donde comienza la segunda parte de la curva, donde las tasas de ganancia y de pérdida muestran un cambio en el equilibrio, y la curva que representa el crecimiento se torna curvilínea, teniendo una inclinación decreciente. Se corresponde con una fase de autoinhibición, en donde el potencial de crecimiento disminuye, y las ganancias de peso por unidad de tiempo son cada vez menores, hasta que finalmente el animal alcanza la madurez. En el mencionado punto de inflexión de la curva es donde se da el valor máximo de ganancia diaria de peso, y a partir del mismo, comienza a prevalecer gradualmente la deposición de grasa, con la consecuente reducción de la eficiencia de conversión del alimento (Anexo No. 1, Veneciano y Frasinelli, 2014).

Tal como se puede concluir del párrafo anterior, la categoría de recría se caracteriza por tener un alto potencial de crecimiento y una alta eficiencia. Esto se relaciona con la capacidad de retener la energía proveniente de los alimentos, y su eficiencia para convertirlos en músculo y hueso. Desde el punto de vista productivo, es un aspecto sumamente relevante, y es resultado de varios factores, entre ellos: el costo de mantenimiento de la categoría, los niveles de consumo y el tipo de tejido retenido (Di Marco, 2004).

En cuanto al costo de mantenimiento, se explica porque el mismo está directamente relacionado con el peso vivo del animal, por lo que, a menor peso, serán menores los costos relativos de mantenimiento, y, por ende, aumenta la eficiencia de conversión (Velazco, 2009).

Con relación al nivel de consumo, animales en la etapa de recría presentan una alta capacidad de consumo en relación a su peso vivo. Además, en la medida que los animales cubren sus requerimientos de mantenimiento, los cuales son notoriamente menores, el excedente de energía metabolizable será destinado a producción. Y en simultáneo, con consumos elevados, se logra una dilución de los costos de mantenimiento, haciendo que la eficiencia de conversión mejore (Di Marco, 2006).

En relación con el tipo de tejido retenido, se debe tener en cuenta la eficiencia de retención del mismo, y el costo energético de retención de proteínas y grasas. En cuanto a la eficiencia de retención, si la misma se expresa en términos de kilocalorías (kcal) de tejido por kcal de energía metabolizable de alimento, es del 20% cuando el animal retiene proteína y del 75% cuando retiene grasas (Geay, 1984). Existe otra forma de expresar dicha eficiencia de retención, y es en términos de peso de tejido muscular y adiposo, donde las eficiencias tienden a ser similares, debido a que el primer tejido contiene 75% agua y el segundo 5 a 20% de agua. Pero, a pesar de que la eficiencia para retener una unidad de tejido adiposo o magro no difiere tanto, la demanda energética para depositar dichos

tejidos es de 8.0 y 1.4 kilocalorías por gramo (kcal/g) respectivamente, ya que se considera el valor calórico de los componentes de dichos tejidos (9.4 kcal/g para los lípidos y 5.7 kcal/g para las proteínas) y de que, en promedio, hay un 85% de grasa en el tejido adiposo y un 25% de proteína en el tejido magro, siendo el resto agua (Di Marco, 2004). Entonces, el hecho de que la categoría de recría se encuentre depositando tejido muscular, es otra de las características que determina la eficiencia de estos animales.

A pesar de que los procesos de crecimiento y desarrollo ocurren en forma casi simultánea, pueden sufrir desacoples a causa de factores como los ambientales. Por ejemplo, animales jóvenes sometidos a restricciones alimenticias, pueden desarrollarse, sin experimentar variaciones de peso. El principal factor ambiental que tiene incidencia sobre el crecimiento es la alimentación, donde cualquier deficiencia en cantidad y/o calidad causa retardos, siendo de mayor gravedad cuando más joven es el individuo, por coincidir con el período de crecimiento más activo. Como consecuencias, las subnutriciones durante la recría producirán alteraciones en la conformación y proporciones finales del animal adulto y, además, retardará el inicio de la pubertad, lo que afecta la eficiencia global del sistema productivo (Veneciano y Frasinelli, 2014).

Conjuntamente con lo anterior, Brito et al. (2014) señalan que una mala recría no solo provoca ineficiencias en el sistema de producción, sino también una baja competitividad para los tiempos que se presentan en la actualidad.

Debido a todo lo mencionado anteriormente, es fundamental tener en cuenta el alto potencial biológico de la categoría bajo estudio, y evitar eventos que causen depresiones en el crecimiento y desarrollo de esta.

2.1.2. Requerimientos nutricionales de la recría

Durante la etapa de crecimiento de los animales, es fundamental tener presente los requerimientos nutricionales de los mismos.

Los requerimientos varían con la edad, peso y estado fisiológico. A partir de los nutrientes absorbidos (energía, proteína, minerales, etcétera) del alimento, inicialmente deben cubrirse los requerimientos de mantenimiento. Esto corresponde a la energía que gasta el animal en mantener su calor interno, caminar, cosechar el forraje, rumiar, digerir, entre otras funciones vitales. En las situaciones donde se da un excedente de nutrientes, luego de cubiertos los requerimientos de mantenimiento, estos son destinados para el crecimiento y engorde animal (Baldwin 1984, Poppi y McLennan 1995).

Mac Loughlin (2010) señala que el mantenimiento y crecimiento animal requiere de energía y proteína metabolizable en los tejidos, en proporciones adecuadas según el tamaño y la composición de la ganancia de peso. Depetris (2005) afirma que en terneros post destete si bien no se requieren altos niveles energéticos, se debe asegurar un nivel proteico adecuado para que el desarrollo no se vea restringido.

Así mismo, cuando se alimenta a un rumiante, hay que considerar que se está alimentando a los microorganismos presentes en el rumen. Dichos microorganismos digieren los nutrientes que se encuentran en el alimento (azúcares, proteínas, fibra), para poder crecer y multiplicarse, dejando productos de esa degradación que luego serán utilizados por el animal (Cozzolino, 1994).

Con relación a la energía metabolizable, esta es la porción de la energía de un alimento que puede ser usada por el animal. La misma surge al descontarle a la energía bruta contenida en el alimento, las pérdidas de energía por heces y las pérdidas de energía en forma de orina y gases. Si a la energía metabolizable se le descuentan las pérdidas energéticas en forma de calor, se obtiene la energía neta, la cual se destina para mantenimiento y producción (Pigurina y Methol, 2004).

Con respecto a la proteína metabolizable (PM), esta es la cantidad de proteína que el animal debe absorber a nivel intestinal para satisfacer sus funciones de mantenimiento y producción (Simeone y Beretta, 2009). Los mismos autores señalan que, la PM que aporta la dieta es resultado de la cantidad de proteína que contiene dicha dieta, del tipo de proteína que aporta (proporción relativa de proteína total que se degrada en el rumen (PDR) y que no se degrada en rumen (PNDR)), y de la cantidad de energía consumida que es fermentada en rumen. Este último nutriente mencionado es determinante de la síntesis de proteína microbiana en rumen (MCP), a partir de la PDR. Dicha MCP es posteriormente digerida a nivel intestinal junto con la PNDR, conformando ambas, el aporte de PM de la dieta. En concordancia con los autores anteriores, Mac Loughlin (2010) señala que el origen de la PM es la MCP, la cual se produce como resultado del crecimiento de microorganismos del rumen a partir de la energía disponible por fermentación de carbohidratos y proteína degradable en rumen (PDR) del alimento, y la PNDR, que es la que pasa sin modificaciones a nivel ruminal hacia el intestino. Ambas, MCP y PNDR, una vez en el intestino delgado son degradadas a aminoácidos y péptidos, y absorbidos, conformando la proteína metabolizable, que es la utilizada por el bovino.

Adicionalmente, Klopfenstein (1996) señala que el ganado en pastoreo requiere de PDR para satisfacer las necesidades de la población microbiana, y PNDR para satisfacer las necesidades productivas del animal. Este mismo autor destaca que en el caso de animales en crecimiento, la PNDR o de sobrepaso, toma gran relevancia, encontrándose respuestas a la suplementación con dicha proteína en animales en condiciones de pastoreo. Para tener la mayor precisión en la predicción de la performance animal a la respuesta a la suplementación proteica, es clave conocer el contenido de PDR y PNDR de la dieta que consumen. En coincidencia con lo anteriormente mencionado, Cervantes et al. (1997) comentan que el uso de proteína de sobrepaso normalmente incrementa el comportamiento productivo del animal, debido a las mayores cantidades de aminoácidos esenciales que escapan a la degradación en el rumen, y mayor digestibilidad de estas proteínas en comparación con la proteína microbiana.

La proteína consumida por el rumiante se clasifica en nitrógeno no proteico (NNP) y proteína verdadera. El NNP es rápidamente fermentado a amoníaco, el cual es utilizado por las bacterias para la síntesis de sus proteínas. El exceso de amoníaco es transformado a urea en el hígado, la cual puede retornar al rumen desde la sangre a través de la saliva o por transferencia directa a través de la pared ruminal, o ser eliminada por la orina. La proteína verdadera, en cambio, puede ser de fácil o difícil degradación. La proteína de fácil degradación (PDR), da como productos péptidos, aminoácidos y amoníaco, tres productos que son utilizados por los microorganismos en mayor o menor grado. Mientras que la proteína de difícil degradación o poco soluble (PNDR), escapa a la degradación ruminal y puede ser degradada a nivel de intestino delgado (Baldwin, 1984). La proteína de sobrepaso puede provenir de la pastura y/o del suplemento (Klopfenstein, 1996).

Baldwin (1984) también destaca que: *“Para el uso eficiente de los nutrientes es primordial lograr el balance PM/energía a nivel tisular, y PDR/energía en el rumen. Mientras el excedente de PM en los tejidos es degradado y utilizado como fuente de energía, lo que constituye un proceso ineficiente desde el punto de vista energético y económico, el déficit restringe el crecimiento del animal. Bajos aportes de PDR en relación a la energía en el rumen, limitan el desarrollo de los microorganismos, disminuyendo la fermentación de la materia orgánica del alimento y el aporte de energía para el medio interno del bovino”*.

También, Mac Loughlin (2010) indica que los requerimientos de PDR y la síntesis de MCP se encuentran en relación directa con la cantidad y calidad de la materia seca consumida, por lo que, a mayor desarrollo de los animales, los requerimientos de PDR aumentan, aumentando también la síntesis de PM. En novillos de terminación con altas ganancias, si el aporte de PDR no es limitante, aproximadamente el 80 a 90% de la PM pueden ser cubiertas por la MCP. En animales jóvenes, la situación es la inversa, ya que poseen alto contenido de proteína en la ganancia, menor cantidad de alimento consumido y menor síntesis de proteína microbiana por kilogramo de peso producido. La participación de la MCP en el aporte de la PM es menor que en animales más grandes, por lo que los requerimientos de PNDR aumentan.

Tal como se menciona en el punto 2.1.1., durante las primeras etapas de recría, donde el animal sigue desarrollando diferentes tejidos (óseo, muscular y distintos órganos vitales), la disponibilidad de proteína es de suma importancia, donde restricciones severas podrían llegar a afectar el tamaño adulto. Pero a medida que avanza el crecimiento, donde el animal ya ha completado parte de su desarrollo, las necesidades de energía y proteína tienden a balancearse (Brito et al., 2014). Así mismo, se debe tener en cuenta que cuando el nivel de proteína no es el adecuado, el animal comienza a perder el apetito, afectando la ingestión de energía, dándose automáticamente un déficit proteico y energético (Brito y Fiol, 2006).

Los requerimientos de los terneros varían según la expectativa de ganancia media diaria. En el Cuadro No. 1 se presentan valores de requerimientos en función de la ganancia esperada, en términos de energía neta para mantenimiento y crecimiento en megacalorías por día, y proteína bruta y metabolizable en kilogramos por día, correspondiente a animales de razas británicas y continentales para carne (frame 3.5, peso estructural de 482 kg).

Cuadro No. 1. Requerimientos nutricionales diarios para terneros de 150 kilogramos, de razas británicas y continentales. Frame 3.5

Peso (Kg)	Ganancia (Kg/día)	E.N.m. (Mcal/día)	E.N.c. (Mcal/día)	P.B. (Kg/día)	P.M. (Kg/día)
150	0	3,03	0	0,243	0,163
	0,3	3,03	0,67	0,384	0,257
	0,6	3,03	1,43	0,518	0,347
	0,9	3,03	2,23	0,648	0,434
	1,2	3,03	3,06	0,778	0,521

E.N.m.= energía neta para mantenimiento, E.N.c.= energía neta para crecimiento, P.B.= proteína bruta, P.M.= proteína metabolizable.

Fuente: adaptado de NRC (2000).

Tanto las necesidades de energía como de proteína aumentan cuando se incrementan las expectativas de ganancia de peso, lo que implica la necesidad de una mayor concentración de nutrientes en la dieta.

En el caso de las exigencias de proteína, expresadas como kilogramos diarios de proteína metabolizable que el animal debe ingerir, varían en función de las exigencias para mantenimiento, del estado fisiológico y del ya mencionado nivel de producción. Así mismo, para un mismo nivel de ganancia de peso, factores como la edad del animal, el biotipo y el sexo, inciden sobre las exigencias, ya que afectan la composición de la ganancia en términos de la cantidad relativa de músculo y grasa depositados (Simeone et al., 2010b).

2.2. CAMPO NATURAL COMO BASE FORRAJERA DE LA RECRÍA

La performance animal es una consecuencia directa del nivel de alimentación, variando con el genotipo y condición sanitaria, e incide directamente en la eficiencia del proceso productivo. Aunque en el ganado de carne es posible lograr ganancias de peso importantes, en general, el volumen y/o la calidad del alimento al que los animales acceden, restringen ese potencial, especialmente en condiciones de pastoreo (Pittaluga et al., 1998).

Presentando variaciones regionales en estacionalidad y producción, las pasturas naturales de Uruguay, que son la principal base alimenticia de los sistemas de producción ganaderos, alcanzan rendimientos de forraje que difícilmente superan las 4 toneladas por hectárea por año, con un valor nutritivo medio (Risso, 1997).

Risso (1997) también afirma que, utilizando al campo natural como base de la dieta del ganado y en condiciones de manejo tradicional, los índices productivos son conservadores, tanto por la capacidad de carga como por el comportamiento individual posible, resultando en edades avanzadas de faena, superiores a 4 años, y, en consecuencia, bajas tasas de extracción.

Las pasturas naturales en Uruguay presentan una marcada estacionalidad, siendo el invierno el momento donde hay una menor oferta forrajera. En general, las categorías de recría son las más afectadas durante el período invernal, ya que son manejadas inadecuadamente sobre campo natural, recurso que en esa estación presenta escasa disponibilidad y calidad variable, y no se llegan a cubrir los requerimientos de los animales, afectando negativamente su performance (Pigurina et al., 1998a). De no adoptar medidas de manejo para corregir dichas restricciones en condiciones de producción extensivas, los terneros pierden tradicionalmente alrededor de 15 a 25 kilogramos durante el invierno (Luzardo et al., 2010a).

Sin embargo, la producción de campos naturales varía según el tipo de suelo y el manejo realizado. A partir de esto, existen tapices que presentan especies de muy alta calidad y productividad, en donde es posible obtener buenas ganancias de peso, y áreas donde hay una menor fertilidad natural o la profundidad del suelo es escasa, en las cuales se desarrollan especies de baja calidad y productividad, donde es normal observar pérdidas de peso (Luzardo et al., 2014).

Hace ya más de dos décadas se ha incrementado el área destinada a la producción agrícola en los sistemas de producción del litoral, donde se encuentran los suelos de mayor fertilidad natural, debido a los atractivos márgenes económicos de esta actividad. Este escenario ha determinado una reducción del área dedicada a la recría y engorde del ganado y/o el desplazamiento de esta actividad hacia suelos de menor potencial productivo. Dicha situación posiblemente trae aparejado una disminución de los niveles de productividad, y, por consiguiente, un menor margen bruto ganadero. En consecuencia, los recriadores y engordadores presentan mayores exigencias para obtener buenos resultados económicos. Sumado a esto, en la última década también ha habido un aumento de las exigencias por parte de la industria frigorífica por carcasas de mayor peso, mayor grado de terminación y marmoreo, como consecuencia de la demanda internacional. Esto genera una obligación sobre estos productores a realizar un uso más intensivo de los alimentos (concentrados energéticos, proteicos, voluminosos, etcétera), tanto a través de la suplementación en pastoreo y/o la inclusión del engorde a corral de la recría o en la etapa final de terminación (Baldi et al., 2010).

2.2.1. Pasturas naturales de la región basáltica

En Uruguay más del 30% de los productores ganaderos están ubicados sobre la región basáltica, la cual ocupa una superficie superior a 4 millones de hectáreas, siendo la más extensa del país. Esta se caracteriza por estar asociada a sistemas extensivos de producción ganadera de baja productividad e inversión, con pastoreo mixto de lanares y vacunos, y la principal fuente de alimento es el campo natural (Berretta, 1998a).

La región basáltica abarca los departamentos de Artigas, Salto, Paysandú, Tacuarembó, Rivera y Durazno (Anexo No. 2).

Según Berretta (2014) el 38% del rodeo nacional se encuentra sobre dicha región. Esto demuestra la gran relevancia que tiene el estudio y difusión de diferentes tecnologías para el rubro ganadero, especialmente para la categoría en estudio, generando información de utilidad para una buena parte del sector.

En el Basalto, de acuerdo a su grado de desarrollo, es posible identificar distintos tipos de suelos, desde superficiales (Litosoles) con un grado muy bajo de desarrollo y un horizonte superficial de escaso espesor, hasta suelos profundos (Brunosoles y Vertisoles) con un perfil muy desarrollado, de color pardo oscuro o negro, alta fertilidad natural y una profundidad que puede estar entorno a un metro. Estos suelos se encuentran en distintas proporciones dentro de una misma unidad, dando lugar a un intrincado mosaico, con cambios notables en pequeñas distancias, lo que determina una alta variabilidad espacial y de la vegetación presente en una determinada zona. La vegetación dominante en la región es herbácea, siendo arbustos y árboles poco frecuentes. La misma se compone mayoritariamente por especies gramíneas perennes, mientras que las leguminosas nativas son de escasa frecuencia (Berretta y Bemhaja, 1998c).

Berretta (1994) afirma que se pueden distinguir cuatro tipos de suelos que conforman la región, y tienen asociados diferentes vegetaciones según el grado de profundidad y desarrollo de estos. Los mismos son: suelos superficiales rojos, superficiales negros, medios y profundos. Las producciones anuales y distribución estacional de dichos suelos se presentan en el Cuadro No. 2.

Cuadro No. 2. Producción anual, en kilogramos de materia seca por hectárea, y distribución estacional, para los distintos tipos de suelos, superficiales rojizos, superficiales negros, medios y profundos, presentes en la región basáltica

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

Fuente: elaborado en base a Berretta (1998a).

Es así como en la zona de Basalto es posible encontrar suelos de mayor profundidad y fertilidad, donde predominan especies cespitosas, pastos finos, tiernos y tierno-ordinarios, y hay un mayor recubrimiento de la vegetación, por ende, la producción de forraje es mayor y de mejor calidad. Y también se encuentran suelos más superficiales, donde son más frecuentes pastos ordinarios, hierbas enanas y malezas de bajo porte, todas de baja producción y menor calidad. Sin embargo, en los dos tipos de suelos predominan especies gramíneas, perennes, de ciclo estival, siendo las invernales menos frecuentes (Berretta y Bemhaja, 1998c).

2.2.2. La recría en campo natural sobre Basalto y sus limitantes

Berretta y Bemhaja (1998c) señalan que, situaciones de campo natural típicas de la región basáltica, tienen importantes variaciones estacionales y entre años, en cuanto a cantidad y calidad de forraje. Sin embargo, en los campos sobre Basalto, la limitante que marca una restricción nutricional en el primer invierno de los terneros es el déficit forrajero invernal del campo natural, más asociada al volumen de forraje (Pigurina et al., 1998a). En dicha estación, generalmente se producen tasas de crecimiento bajas a muy bajas, entre 3 y 6 kg de materia seca por hectárea y por día, por lo que la disponibilidad forrajera en los meses invernales está sujeta al crecimiento de las estaciones previas (Berretta et al., 1996).

En concordancia a lo anteriormente mencionado, Simeone et al. (2010a) señalan que la performance invernal de la recría es consistentemente negativa, independientemente si es un año de mejor o peor oferta de forraje, lo que deja en evidencia que la baja producción forrajera en esa estación es el principal factor que explica la baja productividad anual obtenida en estos sistemas de producción. La baja oferta de nutrientes durante el invierno es una de las principales limitantes en sistemas ganaderos donde la única fuente de alimentación es típicamente el campo natural.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se necesita un aporte adicional de nutrientes sobre lo que aporta el campo natural en esa estación, para lograr así objetivos de producción adecuados para la categoría bajo estudio. Es evidente la existencia de un desajuste entre los requerimientos de los terneros post destete y el aporte del campo natural. Por ende, considerar a este recurso forrajero como única fuente de alimento en invierno, determina que los terneros experimenten pérdidas de peso vivo (Anexo No. 3).

Brito y Fiol (2006) señalan que un primer objetivo es alcanzar ganancias de peso no menores a los 150 a 200 gramos por día en el período invernal, partiendo de destetes tradicionales con terneros de 140 a 150 kg a los 6 meses de edad, lo que permite no comprometer el crecimiento y desarrollo del animal, y así lograr una buena respuesta en primavera, una vez que las limitantes en cantidad y/o calidad de forraje desaparecen, para lograr faenar animales con edades entre 24 y 30 meses. Sin embargo, el campo natural constituye el principal recurso forrajero de la ganadería en el país, y lograr esas tasas de ganancia no son frecuentes en condiciones extensivas.

A nivel país se han desarrollado y validado diferentes alternativas para corregir la problemática invernal de terneros post destete, mediante una mejora del plano alimenticio a través del uso de suplementación y/o pasturas mejoradas, herramientas tecnológicas estratégicas que permiten acelerar el crecimiento de la recría en su primer año de vida (Cazzuli y Montossi, 2017).

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

Simeone y Beretta (2006) señalan que a nivel nacional se ha generado numerosa información sobre la respuesta animal a la suplementación en terneros manejados sobre pasturas restrictivas en cantidad y/o calidad de forraje. Consistentes han sido los resultados nacionales al demostrar que es posible evitar pérdidas de peso e inclusive mantener un nivel de ganancia en torno a 250 gramos por día, cuando los terneros que pastorean campo natural son suplementados a un nivel de 0.5 a 1% del peso vivo, con un concentrado energético-proteico. Los mismos autores también señalan que se logra una eficiencia de conversión de entre 3 a 4 kilogramos de concentrado por cada kilogramo de incremento en la ganancia adicional de peso vivo, ya que animales sin la suplementación, registran pérdidas en torno a los 250 gramos por día durante el período invernal.

Hacia la actualidad, y en el contexto de una mayor intensificación de la producción ganadera sobre la región basáltica, el proceso de recría es una etapa clave para lograr desarrollar sistemas de producción de carne eficientes y competitivos frente a otras alternativas productivas (Luzardo et al., 2014).

2.3. SUPLEMENTACIÓN PARA MEJORAR LA PERFORMANCE DE LA RECRÍA

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

La suplementación, además de lo citado anteriormente, tiene como objetivos: cubrir parcial o totalmente las deficiencias nutricionales que en determinadas circunstancias puede presentar el recurso forrajero, agregar nutrientes a la dieta base con el propósito de mejorar la eficiencia de utilización del pasto, aumentar la carga del sistema, prevenir enfermedades nutricionales, favorecer procesos de engorde o reproducción, aumentar el nivel de producción individual, entre otros (Luzardo et al., 2010a).

La gran mayoría de los alimentos utilizados en la suplementación animal tienen un costo elevado en comparación con el recurso forrajero comúnmente utilizado a nivel país y esto determina que su utilización deba realizarse en forma estratégica, sujeta a los niveles de producción, categoría a suplementar, costo de producción, entre otros factores empresariales. La utilización exitosa de los suplementos se logra a través del uso planificado de todos los recursos del establecimiento, maximizando la utilización del recurso más barato, la pastura, realizando un manejo estricto de las variables productivas para optimizar las respuestas técnicas y económicas en la utilización de esta alimentación suplementaria (Cozzolino, 1994).

Para realizar una suplementación que sea económicamente benéfica y genere una respuesta en la performance animal, se debe tener en cuenta el concepto de “Primer Nutriente Limitante” (PNL) comentado por Klopfenstein (1996), el cual señala que para optimizar el uso de suplementos en ganado en pastoreo debe en primera instancia identificarse ese PNL de la dieta base del animal, llámese minerales, energía o proteína (degradable en rumen o de sobrepaso). Así mismo este autor destaca que el hecho de suplementar con un nutriente que no sea el PNL generará una situación de suplementación sin respuesta, ni económica ni de la performance animal. Sin embargo, Bodine y Purvis (2003) sugieren que la suplementación con granos sobre campo natural requiere del balance global del consumo de proteína degradable en relación con los nutrientes digestibles totales de la dieta, para así optimizar el desempeño animal.

Según Pordomingo (1999), cuando el objetivo de la suplementación es obtener ganancias de peso, es necesario suplementar a razón del 1 a 1.5% del peso vivo. Con estos niveles, el suplemento aporta alrededor del 50% del total de materia seca y más del 60% de la cantidad de energía requerida. Por su parte, Rovira (2014) concuerda que suplementar con niveles del 1% del peso vivo, sería el punto donde se obtiene la mejor respuesta biológica y económica de la suplementación en sistemas pastoriles. Si el nivel de suplementación con granos de cereales supera el 1% del peso vivo, en algunos casos y dependiendo del tipo de suplemento, puede que se produzca un exceso de los niveles de almidón, que podría comprometer la digestión de la fibra a nivel del rumen, resultando en un descenso en la respuesta a la suplementación y a su vez, en disturbios metabólicos. Como se detalla posteriormente, en el punto 2.4.4., el grano bajo estudio debido a sus características en cuanto a composición de carbohidratos, no generaría este inconveniente mencionado.

La suplementación es una herramienta de manejo que permite mejorar la respuesta productiva de los animales (Cazzuli y Montossi, 2017). El incremento de los niveles nutricionales puede llevarse a cabo a través de diversas formas, particularmente en situaciones de limitantes de disponibilidad de forraje o de existencia de un inadecuado balance nutricional, teniendo en cuenta las demandas fisiológicas, aspecto clave en la etapa de recría (Quintans, 2014d). Sin embargo, esta tecnología también puede ser considerada como una herramienta coyuntural, utilizada para aprovechar una relación flaco/gordo favorable, para corregir una situación de sobredotación, una crisis forrajera, etcétera (Cibils et al., 1997).

En condiciones de pastoreo, la suplementación como herramienta estratégica tiene una serie de ventajas: es rápida y sencilla de implementar, la ejecución de su rutina no necesita personal de alta idoneidad, no requiere inversiones costosas más allá del suplemento en sí, es fácil de presupuestar, fácilmente desmontable y puede utilizarse coyunturalmente en situaciones donde las relaciones de precios sean óptimas (Cibils et al., 1997). También, Baldi et al. (2010), Tieri et al. (2010) concluyen que el manejo diferencial de la alimentación durante el primer invierno de vida del ternero, evitando pérdidas de peso en dicha estación, y, por ende, permitiendo un correcto crecimiento y desarrollo, tuvo un impacto positivo sobre la ganancia de peso en la terminación a corral de estos animales y sobre la eficiencia.

Más allá de los múltiples aspectos positivos, la suplementación presenta ciertas desventajas que deben tenerse en cuenta. Por un lado, encarece el kilogramo de carne producido, y al ser muy pequeña la cantidad a ser agregada de grano u otro suplemento, cualquier cambio en la pastura hace pasar de una situación de máxima respuesta o adición a una de baja respuesta o sustitución (Cibils et al., 2002).

Sin embargo, es casi un hecho que la suplementación arroje un resultado productivo favorable, excepto en condiciones donde exista un 100% de sustitución del forraje, lo cual es una situación improbable. A pesar de ello, los resultados económicos están sujetos a la variabilidad de precios de compra y venta del ganado, así como la variabilidad de precios de los suplementos, lo cual determina múltiples escenarios económicos a obtener. Así mismo, pueden darse situaciones donde el resultado directo sea desfavorable, pero la suplementación determine un beneficio en el período siguiente al que se realiza la misma, por ejemplo, mantener una mayor carga o concretar un producto de mayor valor y de forma anticipada en el tiempo. Es por estos motivos que se debe poner especial énfasis en la evaluación de estrategias de suplementación desde el punto de vista económico, tanto para evitar resultados adversos como para lograr visualizar beneficios que la herramienta arroja en el mediano y largo plazo, aun cuando en el presente no se logren resultados directos muy favorables desde la óptica económica (Soares de Lima et al., 2014).

La respuesta a la suplementación se mide comparando la ganancia de peso de los animales suplementados respecto a aquellos que no lo fueron, asignándoles la misma cantidad de forraje (Beretta y Simeone, 2005). Baldi et al. (2008) expresan que dicha respuesta es una variable determinada por una serie de factores: el suplemento, el animal y la pastura, los cuales generan diversas interacciones entre sí. En concordancia con lo anterior, Brito et al. (2014) señalan que la respuesta a la suplementación depende de la calidad y la disponibilidad de las pasturas usadas como base, el tipo y nivel de suplemento utilizado, su frecuencia y hora de suministro, y de la categoría animal. Así mismo, Cibils et al. (2002) señalan que en el invierno limita la oferta de pastura, de forma tal que pone al animal en condiciones de máxima respuesta al agregado de lo que está siendo limitante (aunque sea en poca cantidad), siendo esto particularmente cierto con el manejo tradicional de la recría.

En este sentido Simeone y Beretta (2004) señalan que para evaluar la viabilidad bio-económica de una propuesta concreta de suplementación, es fundamental disponer de coeficientes técnicos que permitan predecir la respuesta biológica: ganancia diaria y eficiencia de conversión (Ec) del suplemento. La Ec del suplemento se calcula como los kilogramos de suplemento necesarios para producir un kilogramo extra de carne en relación a los animales no suplementados (solo campo natural). Este indicador se encuentra fuertemente ligado al complejo animal-pastura-suplemento, por lo que, la suplementación no solo tendrá impacto directo sobre el animal, sino que indirectamente va a impactar en la utilización de la pastura (Echeverría et al., 2014). Este coeficiente, en conjunto con el precio del suplemento y el precio del kilogramo de ternero o kilogramo producido, son la clave para determinar la aplicación o no de la suplementación en el esquema de la recría. En la medida que aumenta el precio del suplemento o baja el precio del ternero, se debe buscar una mayor precisión en la aplicación de la tecnología, para poder mejorar la Ec del suplemento (Luzardo et al., 2010a).

La ganancia de peso experimentada por animales en pastoreo y la Ec del suplemento están explicadas por el consumo total y la proporción de forraje y suplemento en la dieta total, la calidad del alimento, así como la eficiencia de uso de estos a nivel digestivo y metabólico (Beretta et al., 2015).

Cibils et al. (1997) señalan que es importante conocer el rol de los suplementos, y su interacción con el animal y las pasturas en las que estos permanecen. En primer lugar, saber que grano o subproducto industrial es el que mejor y con mayor economía agrega el o los nutrientes deficitarios en la dieta base. Secundariamente, como afecta el suministro de suplemento a los hábitos del animal, y de los microorganismos del rumen. En último lugar, detectar si se genera un efecto aditivo o sustitutivo sobre la pastura. Finalmente, los mismos autores señalan que el éxito de la suplementación depende del grado de conocimiento que se tiene de la pastura, del animal, del suplemento y de la interacción entre estos.

2.3.1. Interacción animal-pastura-suplemento

El principal factor dietario para poder determinar el nivel y la eficiencia de producción en un rumiante es la variación del consumo voluntario de forraje. Dicha variación es mayor y presenta grandes dificultades para su predicción bajo condiciones de pastoreo. En rumiantes la productividad y eficiencia en pastoreo es relativamente baja debido en parte, a las limitaciones en el consumo. La productividad probablemente se podrá incrementar, si aumenta el consumo (Mejía, 2002).

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

Previamente, Cangiano (1996) ya había indicado que el consumo de forraje de animales en pastoreo está determinado por factores relacionados con el animal, la pastura, el manejo y el ambiente. De acuerdo con lo anterior, Mejía (2002) afirma que en condiciones de pastoreo el consumo es de gran importancia, por la gran cantidad de factores asociados y por la complejidad en su determinación, y es muy importante considerar la posibilidad de sinergismo o actividad de estos factores.

En el negocio de la producción animal, las ganancias dependen en gran medida del éxito en la habilidad para maximizar el consumo de alimentos. Por lo tanto, es clave entender los factores que influyen sobre dicho consumo (NRC, 1987).

2.3.1.1. Efecto del animal

Cangiano (1996) señala que el consumo de forraje de animales en pastoreo está determinado por varios factores, entre los cuales se encuentran los relacionados al animal. Aspectos de los individuos para tener en cuenta son la edad, peso, estado fisiológico, nivel de producción y la condición corporal.

En el componente animal, y de acuerdo con las distintas limitantes del consumo, las que se agrupan en limitantes relacionadas al comportamiento ingestivo, limitantes físicas y metabólicas, intervienen diferentes mecanismos. En relación con comportamiento ingestivo, el mecanismo de bocado presenta un límite superior para el número y peso de bocados. El mecanismo de distensión asume un límite de llenado ruminal, el que, cuando es alcanzado, determina el consumo por el tiempo de retención. Dicho tiempo de retención depende de las tasas de digestión y de pasaje. El mecanismo metabólico asume un límite superior en el consumo de energía digestible, el que cuando se alcanza, determina el consumo por la concentración de energía digestible de la dieta (Cangiano, 1996).

Así mismo, existe una interacción directa animal-suplemento. Los animales jóvenes de recría son una alternativa productiva de alta eficiencia biológica, ya que son necesarios menos kilogramos de suplemento consumido para producir un kilogramo de peso vivo. Como ya fue detallado en puntos anteriores del capítulo, esto es explicado por el tipo de tejido que depositan en esa etapa de su vida, lo que determina una mayor eficiencia relativa con relación a categorías adultas en terminación, y por sus bajos costos de mantenimiento (Velazco, 2009). En conclusión, la interacción de la edad de los animales con la suplementación resulta en una relación costo-beneficio favorable. Sin embargo, deben ser tenidos en cuenta aspectos derivados de la interacción de los tres factores mencionados (Echeverría et al., 2014).

2.3.1.2. Efecto de la pastura

Cangiano (1996) señala que el consumo de forraje de animales en pastoreo está determinado por varios factores, entre los cuales se encuentran los relacionados a la pastura: digestibilidad, composición química, especies, cantidad de forraje y madurez. También existen factores ambientales que pueden modificar ese consumo de forraje, como la temperatura, la humedad relativa, el fotoperíodo, la velocidad del viento, entre otros.

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

El valor nutritivo puede definirse como la respuesta animal por unidad de consumo de alimento, y el mismo se conforma por tres factores: la composición química, la digestibilidad aparente y la eficiencia con que los nutrientes digeridos son usados para mantenimiento y producción (Ulyatt, citado por Cangiano, 1996). Hodgson (1991) señala

que el valor nutritivo es función del consumo de nutrientes y de la eficiencia de conversión de los nutrientes ingeridos, en producto animal. El consumo de nutrientes es el producto de la cantidad de forraje consumido y de la concentración de nutrientes en ese forraje, y la eficiencia de conversión de nutrientes en producto animal comprende las eficiencias en los procesos digestivos y metabólicos.

El consumo voluntario es la cantidad de alimento que consume el animal cuando la oferta y calidad del mismo no es limitante. Éste varía en función de numerosos factores, entre los cuales se destacan: la característica de la dieta, clima, peso vivo, y además, varía de acuerdo al estado fisiológico y al tipo de producción (Fernández Mayer, 1998).

Para entender el efecto pastura sobre la interacción se debe tener en cuenta cual es el patrón de crecimiento de esta, como varía su calidad a medida que va creciendo o desapareciendo su cantidad en el transcurso de las estaciones del año y como se afecta la relación cantidad/calidad con el sistema de manejo empleado (Cibils et al., 1997).

El componente planta puede ser expresado en términos de cantidad de forraje disponible, por animal o por hectárea, y en términos de carácter del forraje disponible. El carácter incluye factores que afectan la calidad potencial, como la composición química, la cual está definida por los nutrientes y pared celular, entre otros. También incluye características estructurales, como relación hoja/tallo, relación vivo/muerto, relación gramínea/leguminosa. Y la forma de presentación del forraje al animal (Cangiano, 1996).

En el ambiente existen factores de la pastura que afectan el consumo de materia seca, siendo de naturaleza nutricional y no nutricional. Entre los factores no nutricionales se encuentran las características estructurales y morfológicas de las pasturas (especie, estado fenológico, altura, resistencia al corte, composición y distribución espacial). Entre los factores nutricionales, el más importante es la digestibilidad del forraje, y a medida que ésta aumenta, el consumo también lo hace de manera proporcional (Rearte, citado por Bartaburu, 2003). En concordancia con lo anterior, Pigurina (1997) señala que la calidad o valor nutritivo se asocia al estado de crecimiento de la pastura y a la especie vegetal. Los componentes que determinan el valor nutritivo de la pastura son la digestibilidad y el contenido de proteína y fibra. Es así como, a medida que la planta madura, aumenta el contenido de componentes estructurales de más difícil degradación a nivel ruminal (fibra) y, por tanto, el contenido de energía es menor. La menor tasa de pasaje de esos materiales se asocia con un menor consumo por parte del animal. También el contenido de proteína disminuye en la medida que la planta madura. En concordancia con ello, Cangiano (1996) señala que el consumo aumenta, en la medida que la digestibilidad se incrementa, hasta valores de 82%. Así mismo, Ketelaars y Tolkamp, citados por NRC (2000), establecieron que en el rango de 30-84% de digestibilidad de la materia orgánica (DMO), hay una relación lineal y positiva con el consumo de materia seca del forraje, mientras que por encima de 84% de DMO el consumo de la ingesta se determina por la demanda energética del animal.

Existe una relación entre el consumo de forraje y las características de las pasturas. En el Anexo No. 4 se presenta una figura que ilustra y resume la interfase planta-animal, donde se simplifican las relaciones entre estos dos componentes. En situaciones donde la disponibilidad de forraje es baja, o es alta, pero con una baja disponibilidad efectiva o accesibilidad, la capacidad de cosecha del animal está determinada por factores no nutricionales, y el consumo es afectado por una regulación a través del comportamiento ingestivo del animal, mediante limitaciones en el tiempo de pastoreo (minutos por día), en la tasa de bocado (bocados por minuto) y/o en el peso de éste (gramos, Cangiano, 1996). Según Hodgson (1990), Forbes (1995), el peso de bocado es la variable que tiene mayor incidencia sobre el consumo. Así mismo, Forbes (1988) señala que en condiciones de pasturas limitantes se produce una disminución en el peso de bocado, por ser éste muy sensible a variaciones en altura y densidad de la pastura, por lo que el animal intenta compensar prolongado el tiempo de pastoreo y aumentando la tasa de bocado, sin embargo, dicha compensación es efectiva hasta cierto punto, ya que en situaciones severas no se lograría evitar una caída en el consumo de forraje. En la medida que aumenta la disponibilidad forrajera, los factores nutricionales como la digestibilidad, el tiempo de retención en rumen y la concentración de productos metabólicos, son los factores que pasan a regular el consumo, considerando que la disponibilidad de forraje no es limitante (Cangiano, 1996).

Campos et al. (2002) señalan que la utilización de suplementos en sistemas ganaderos pastoriles modifica el patrón de pastoreo de los animales, viéndose reflejado principalmente en un menor tiempo de pastoreo diario, con un consecuente aumento del tiempo dedicado al descanso. Sin embargo, dicho comportamiento no afecta negativamente la ganancia de peso de animales suplementados.

Cangiano (1996) señala que son muy pocas las situaciones en donde el concentrado actúa como suplemento de la dieta de los animales, en donde es ingerido sin interferir en el consumo de la pastura, siendo las situaciones en donde el concentrado actúa como un verdadero suplemento cuando se suministran pequeñas cantidades de energía y proteína, lo que mejora la digestión de la fibra de forrajes de baja calidad y en situaciones donde se suplementa con proteínas protegidas. Con dichas excepciones, la cantidad de suplemento va a influir en el consumo de forraje, aumentando progresivamente la tasa de sustitución de pastura por suplemento, a medida que se incrementa el consumo de éste último (Hodgson, 1990).

2.3.1.3. Efecto del tipo y nivel de suplemento

En la producción de bovinos de carne, el consumo voluntario se debe predecir para poder determinar qué proporción de los requerimientos pueden ser cubiertos por la oferta forrajera, y así evaluar la posible necesidad de corregir las deficiencias nutricionales a través de la suplementación (NRC, 1987).

Los aspectos a tener en cuenta al momento de determinar el efecto del suplemento son las características propias del concentrado, especialmente en relación a su composición química y sitios de digestión de nutrientes, así como el tipo y la cantidad del mismo.

En relación con el tipo de suplemento, se debe tener presente que el mismo tiene un efecto muy importante sobre el consumo voluntario de forraje, generando diferentes respuestas de acuerdo según si son una fuente energética o proteica. Cangiano (1996) indica que cuando se suministra concentrados en animales en pastoreo, el consumo de la pastura tiende a reducirse, aunque el consumo total de materia seca se incrementa.

Inicialmente, se debe tener en cuenta que cuando se alimenta a un rumiante, hay que considerar que se está alimentando a los microorganismos presentes en el rumen. Dichos microorganismos digieren los nutrientes que se encuentran en el alimento (azúcares, proteínas, fibra) para poder crecer y multiplicarse, dejando productos de esa degradación que luego serán utilizados por el animal. Es importante destacar la necesidad de un adecuado balance energético-proteico a nivel ruminal, donde la energía fermentable disponible en rumen, junto con la proteína degradable a nivel ruminal, darán origen a la proteína microbiana (Cozzolino 1994, Simeone y Beretta 2009). En concordancia con ello, Santini (2014) señala que cuanto menor sea la calidad de la pastura, menor deberá ser la degradabilidad efectiva del almidón del suplemento a utilizar, con el objetivo de lograr un balance de nutrientes adecuado en el sistema ruminal.

Los suplementos energéticos están hechos a base de granos, ricos en almidón, principal carbohidrato de los cereales, elemento rápidamente fermentado a nivel ruminal. El suministro de este tipo de concentrados incrementa la densidad energética de la dieta lo cual, en líneas generales, mejora el consumo total de energía y es determinante de la producción de proteína bacteriana ruminal. Sin embargo, consumos elevados de hidratos de carbono no estructurales disminuyen los tiempos de rumia, afectando la digestibilidad del forraje, en particular de la fracción fibra, por una disminución del pH ruminal, y, por ende, deprimiendo también el consumo. Por ello, el balance entre los tipos de carbohidratos suministrados es esencial en la alimentación, para una producción eficiente (Mieres 1997, Santini 2014). Por el contrario, granos con menor contenido de almidón, o subproductos de granos, afectan menos la digestión de la fibra, debido a una menor alteración de las condiciones ruminales, fundamentalmente en relación al pH, no provocando alteraciones a nivel de la microflora ruminal, como el caso de afrechillo de arroz o trigo, entre otros (Mieres, 1997).

Los suplementos nitrogenados, pueden ser de naturaleza proteica (proteínas verdaderas) o no proteica, y dentro de estos, de mayor o menor degradabilidad a nivel ruminal. Además, pueden ser solubles o insolubles en rumen (Mieres, 1997). Santini (2014) indica que parte de las proteínas de la dieta que son degradadas a nivel ruminal, junto con la urea reciclada a través de la saliva y de la pared ruminal, contribuyen al pool de amonio en rumen. Si las concentraciones de éste último son demasiado bajas, habrá

deficiencia de nitrógeno para las bacterias ruminales, afectando su crecimiento, y, por ende, la digestibilidad de la dieta, disminuyendo así el consumo. Mieres (1997) señala que, en situaciones donde el bajo consumo de forraje y su baja digestión se deban fundamentalmente a falta de amonio a nivel ruminal, el problema se podría subsanar con el aporte de fuentes de nitrógeno no proteico (urea, entre otros). Por otra parte, cuando se suplementa al ganado que pastorea forrajes de baja calidad (deficientes en proteína) con proteínas solubles, hace que se incremente el suministro de nutrientes al rumen por un efecto directo (propio del suplemento) e indirecto (ya que se estimula el consumo de forraje).

Allison (1985) indica que la suplementación con carbohidratos de fácil digestión provoca una disminución en el consumo voluntario de forraje; contrariamente, la suplementación proteica favorece la actividad microbiana del rumen, incrementando la tasa de digestibilidad y velocidad de pasaje de la digesta, y, por ende, el consumo. Cabe destacar que, la suplementación proteica genera un aumento del consumo solo cuando los forrajes tienen menos de 8 a 10% de proteína cruda. Es así que, Rovira y Velazco (2014c) apuntan a suplementaciones con fuentes proteicas en períodos donde la calidad del campo natural es limitante para el crecimiento de los terneros. A su vez afirman que esta categoría con esa suplementación mejora la Ec del suplemento, debido a una mejor disponibilidad y sincronía de los nutrientes -energía y proteína- en el rumen.

Pigurina (1997) señala la necesidad de considerar el tipo de suplemento, el valor nutritivo y su costo relativo, así como también, tener en cuenta aspectos relacionados a la forma física del suplemento, su palatabilidad, posibles problemas o limitantes de consumo, velocidad de degradación a nivel ruminal, entre otros.

En relación a los niveles de suplementación, y teniendo en cuenta la interacción entre la pastura y el suplemento, Lange (1980) define cinco tipos de relaciones posibles: adición (ocurre cuando el aporte de nutrientes por parte de la pastura es insuficiente, siendo una respuesta aditiva creciente hasta niveles de consumo en torno a 1.5% del peso vivo), adición con estímulo (donde el suplemento, además de suministrar nutrientes que se suman a los aportados por la pastura, genera un estímulo al consumo de forraje de baja calidad), sustitución (ocurre cuando la pastura cubre los requerimientos del animal y se manifiesta cuando el suplemento suministrado es de mayor palatabilidad y calidad que la pastura, disminuyendo el consumo de forraje), sustitución con depresión (debido a que el suplemento, que tiene mayor valor nutritivo que el forraje consumido, genera depresión en el consumo y digestión del mismo), y adición y sustitución (ocurre comúnmente, donde inicialmente hay un efecto aditivo de la suplementación y que deriva en efectos sustitutivos de la pastura al mejorar el comportamiento animal). Adicionalmente, Pigurina (1997) señala que, en todos los casos, la respuesta productiva a la suplementación dependerá de la disponibilidad de forraje y de la carga, la cual es determinante del grado de utilización de la misma. En el Anexo No. 5 se puede visualizar el efecto de la suplementación en el desempeño animal, en relación a animales no suplementados. Así mismo, Pordomingo (2003) indica que igualmente la suplementación siempre impone en

general cierto nivel de sustitución, reduciendo el consumo de forraje al ofrecer suplemento. En concordancia, Echeverría et al. (2014) indican que resulta inevitable que un animal realice parcialmente una sustitución del forraje por suplemento, ya que es normal que prefiera el consumo de éste en relación a la pastura natural. De todos modos, Dixon y Stockdale (1999) destacan que las tasas de sustitución son bajas cuando los animales consumen forrajes de baja a media digestibilidad, como es el caso de las pasturas naturales en invierno.

En base a la información generada a nivel experimental en Uruguay se han obtenido respuestas al uso de suplementos en condiciones de pastoreo, que van entre el 0.5 y 1% del peso vivo. En situaciones en donde la oferta de suplemento es restringida, las respuestas tienden a ser mayores, pero las ganancias de peso en valores absolutos son inferiores a las obtenidas con un nivel de suplemento mayor. Mientras que en situaciones donde la suplementación supera al 1% del peso vivo, la respuesta a la suplementación tiende a disminuir, como consecuencia de una mayor tasa de sustitución del forraje por grano, y la ganancia de peso no experimenta incrementos notorios (Baldi et al., 2008).

2.3.2. Antecedentes de respuesta a la suplementación. Uso de subproductos industriales

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

2.3.2.1. Afrechillo de arroz

Los afrechillos son subproductos de la industria molinera y usualmente se producen con las cubiertas externas del grano, o del pulido del mismo, como es el caso del afrechillo de arroz (Cozzolino, 1994). El puntapié inicial para su uso en la ganadería del país fue en el verano de 1988/89, donde se registró una gran sequía que generó grandes dificultades en el sector (Quintans y Pigurina, 1994a).

Luzardo et al. (2010a) señalan que la suplementación con afrechillo de arroz entero en animales pastoreando campo natural presenta igual o mejores respuestas que otros granos, principalmente debido a que este subproducto contiene una buena combinación energía/proteína, lo que se adapta muy bien a los requerimientos de la categoría bajo estudio. Gayo Ortiz (2007) destaca que el subproducto presenta 2.6 Mcal/kg de MS de EM y niveles de proteína bruta en torno a 13%. En concordancia, Lagomarsino y Brito (2014b) indican que el afrechillo de arroz entero se caracteriza por aportar importantes niveles de energía, debido a las altas concentraciones de extracto etéreo (15%

de la MS), y por tener altos niveles de proteína, entre 10 y 15%, mayores a los del grano original. Además, señalan que posee destacables niveles de fósforo. Sin embargo, tiene un contenido lipídico que determina que deba usarse con precaución, debido a que el exceso de extracto etéreo en la dieta de rumiantes tiene un efecto negativo sobre el crecimiento de las bacterias del rumen, afectándose mayoritariamente la flora celulolítica, y, por ende, disminuye la degradación de la fibra. Algunos autores indican que los niveles de extracto etéreo no deben exceder el 5-6% en la dieta total (Hess et al., 2008).

Echeverría et al. (2014) afirman que se ha encontrado una mejor respuesta animal en consumos entre 0.7 a 1% del peso vivo, ya que niveles superiores a 1% del peso vivo, provocan una disminución del consumo de forraje, ocurriendo un efecto del suplemento de sustitución con depresión. De todos modos, destacan que existe la alternativa de este suplemento desgrasado, la que minimiza dicha limitante.

Otra de las ventajas de este suplemento es su amplia disponibilidad en las regiones ganaderas Norte y Este, ya que es un producto derivado de la producción arroceras, y un mejor precio relativo frente a otras opciones.

A nivel nacional se dispone de numerosa investigación con respecto a la suplementación invernal de terneros con este subproducto industrial. A continuación, en el Cuadro No. 3 se resumen experimentos de suplementación invernal de la recria sobre campo natural, especialmente en las regiones de Basalto y Este del país.

Cuadro No. 3. Resumen de experimentos nacionales de suplementación invernal con afrechillo de arroz en terneros/as sobre campo natural de la región basáltica y región Este

Categoría	Período de suplem.	PVi (kg)	Tratamiento	Oferta supl. % PV	Carga (UG/h)	Disp. forraje (kgMS/ha)	Dif. forraje	GMD (kg/a/d)	EC	Ref.
REGIÓN BASÁLTICA										
Terneros	Jul.-set. (2007)	168	Testigo s/s	-	0.84	1500	s/d	0.195	-	1
			Supl. diario	1				0.355	8.1	
Terneros	Jun.-set.	186	Testigo s/s	-	1.02	868	Si	0.406	-	2
			Supl. diario	0.8		774		0.635	7.5	
			Supl. lav	1.12		753		0.676	6.4	
			Supl. dpm	1.6		565		0.612	8.4	
Terneros	Jun.-set. (2009)	211	Testigo s/s	-	1.29	1400	Si	0.119 c	-	3
			Supl. diario	0.8				0.570 b	4.1	
			Supl. lav	1.12				0.637 ab	3.7	
			Supl. dpm	1.60				0.661 b	3.6	
REGIÓN ESTE										
Terneras	Jul.-set. (1992)	168	Testigo s/s	-	0.85	1500	Si	-0.100 c	-	4
			Supl. diario	0.35				0.067 b	6.3*	
				0.7				0.193 b	4*	
				1				0.219 a	4.4*	
Terneras	Jul.-oct. (1993)	167	Testigo s/s	-	1.30	2500	Si	-0.050	-	5
			Supl. diario	0.7				0.200	2.6*	
Terneras	Jun.-set. (1993)	137	Testigo s/s	-	0.7*	2000	Si	-0.082 c	-	6
			Supl. diario	0.35				0.037 b	3.85*	
			Supl. diario	1.5				0.230 a	6.2*	
Terneras	Jul.-ago. (2000)	159	Testigo s/s	-	0.83	1364 a	Si	-0.225	-	7
			Supl. diario	1		1490 a		0.303	3.2*	

* Datos estimados en base a información del experimento.

Letras distintas representan diferencias significativas dentro del ensayo.

Suplem.= suplementación, PVi= peso vivo inicial, Supl.= suplemento, PV= peso vivo, UG= unidad ganadera, ha= hectárea, Disp.= disponibilidad, MS= materia seca, Dif.= diferimiento, GMD= ganancia media diaria, EC= eficiencia de conversión, Ref.= referencias, s/s= sin suplementar, s/d= sin dato, lav= lunes a viernes, dpm= día por medio.

1) Pittaluga et al. (2007), 2) Luzardo et al. (2010b), 3) Lagomarsino et al. (2014a), 4) Quintans et al. (1993), 5) Quintans et al. (1994b), 6) Quintans y Pigurina (1994a), 7) Campos et al. (2002).

A pesar de que los trabajos experimentales de suplementación con afrechillo de arroz presentados en el cuadro anterior presentan un rango de GMD muy amplio, que va desde 0.037 hasta 0.676 kg/animal/día, todos arrojan valores positivos. La Ec del suplemento en los experimentos citados se ubica entre 3 hasta 8 kg suplemento por kg de ganancia adicional respecto al testigo sin suplementar. Sin embargo, debe destacarse la ausencia de cuantificación de la eficiencia de conversión en la mayoría de los experimentos situados en la región Este, consecuencia de no contar con repeticiones reales.

Quintans (2014d) señala que todos los trabajos experimentales de suplementación invernal de terneras sobre campo natural durante su primer invierno arrojan ganancias de peso positivas y moderadas, mientras que los tratamientos testigo siempre arrojaron pérdidas de peso vivo. Sin embargo, en el cuadro anterior se puede observar una notoria diferencia entre regiones en cuanto a la performance de los tratamientos testigos.

También experimentos de suplementación infrecuente con este subproducto demuestran una respuesta positiva a la suplementación sobre campo natural diferido (Lagomarsino et al., 2014a). Sin embargo, a pesar de que en todos los escenarios experimentales se obtuvieron respuestas positivas en la ganancia de peso vivo, la magnitud de esta fue modificada por la acumulación previa de forraje otoñal (Cazzuli y Montossi, 2017).

2.3.2.2. Granos de destilería

A través del proceso de producción de biocombustibles, se generan residuos o subproductos agroindustriales que pueden ser usados para la alimentación animal (Bruni et al., 2014). Los dos subproductos básicos son: fracción compuesta por grano no fermentado (grano de destilería) y fracción líquida que contiene levaduras, partículas finas de grano y nutrientes en solución denominada “solubles” (Arroquy et al., 2014).

Los subproductos de la molienda seca son denominados de diferentes maneras de acuerdo al proceso específico empleado y la materia prima utilizada (Arroquy et al., 2014): granos destilados húmedos (WDG), granos destilados secos (DDG), solubles de destilería condensados (CDS), granos destilados húmedos con solubles (WDGS) y, los más utilizados en Uruguay, granos destilados secos con solubles (DDGS). Estos subproductos generalmente se caracterizan por presentar una mayor cantidad de proteína,

lípidos, FDN y cenizas, y una menor cantidad de almidón, que los granos utilizados en su forma previo al procesamiento (Linn et al., 1998).

Los DDGS han sido comúnmente utilizados como fuente de proteína en la producción de rumiantes y no rumiantes. Así mismo, la producción de estos ha ido en aumento debido al incremento de la producción de biocombustibles, y cada vez más a nivel mundial se produce este tipo de carburante, lo que podría resultar en una externalidad positiva de la industria de la destilería para el rubro ganadero, aumentando la oferta de este subproducto para la suplementación animal (Klopfenstein, 1996).

Simeone et al. (2016, 2018) indican que el uso de DDGS obtenidos a partir de sorgo ha crecido en los últimos años como consecuencia de su disponibilidad en el mercado local debido a la puesta en marcha de la planta de Alcoholes del Uruguay (ALUR) destinada a la producción de etanol, y, además, dicho subproducto se vio favorecido por un precio competitivo considerando su elevado aporte energético y proteico. De todos modos, a nivel mundial el principal grano utilizado en la producción de alcohol es el maíz, lo cual determina que los antecedentes internacionales y regionales de los granos de destilería en la alimentación de ganado de carne se basen en dicho cereal.

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

Simeone et al. (2018) indican que los granos de destilería se caracterizan por un alto contenido de proteína de degradabilidad ruminal media, alto contenido energético consecuencia del aporte de fibra de alta digestibilidad y del extracto etéreo, y alto contenido de fósforo. En el Cuadro No. 4 se presentan las características nutricionales de dicho subproducto.

Cuadro No. 4. Composición nutricional del DDGS de sorgo (expresado en base seca).

Componente (% de MS)	
Materia seca	90.6*
Proteína bruta	34.1 ± 5.3
Grasa	11.3 ± 2.1
FDN	38.3 ± 10.7
FDA	22.7 ± 7.9
Almidón	8.8 ± 2.0
Ceniza	2.3 ± 0.5
Fósforo	0.78 ± 0.31

* Dato extraído de FEDNA (2018).

Fuente: elaborado en base a Díaz Royón y García (2013), FEDNA (2018).

Diferentes trabajos a nivel nacional han arrojado resultados positivos de la suplementación invernal de la recría pastoreando campo natural sobre Basalto con DDGS de sorgo, en los cuales se han logrado ganancias superiores a 1 kilogramo de peso vivo por animal y por día, y Ec del alimento en torno a 3.5 a 5 kg suplemento por kg de ganancia adicional respecto al testigo sin suplementar (Legorburu y Victorica 2019, Castro y Ferrés 2021). Estas ganancias de peso vivo son muy interesantes, con muy buenas Ec, lo cual posiciona al DDGS como una excelente alternativa para la suplementación invernal de la recría.

Para que el grano de lupino logre una satisfactoria inserción en el rubro ganadero, específicamente en la etapa de recría, debe ser competitivo con sus antecedentes directos, los subproductos industriales detallados anteriormente.

2.4. *Lupinus angustifolius*. UNA NUEVA ALTERNATIVA PARA LA SUPLEMENTACIÓN EN BOVINOS PARA CARNE EN EL PAÍS

2.4.1. El género *Lupinus*

Lupinus es un género muy extendido de la familia de las *Fabaceae* o *Leguminosae*, subfamilia *Papilionoideae*, tribu *Genisteae* (Mera, 2016). Son plantas muy utilizadas desde los tiempos romanos, para la alimentación humana y animal (Mohamed y Rayas-Duarte, 1995).

El género *Lupinus* incluye alrededor de 300 especies de plantas anuales y perennes (Sedláková et al., 2016), pero solo 4 son cultivadas globalmente: *Lupinus angustifolius*, *Lupinus albus*, *Lupinus luteus* y *Lupinus mutabilis*, las cuales han sido

mejoradas para su uso en la alimentación humana y animal (Clements, citado por Luna-Zamora et al., 2019).

Las especies cultivadas se encuentran distribuidas en un amplio rango de condiciones climáticas, desde la región sub-ártica hasta regiones semi-desérticas y subtropicales, así como también son plantadas a nivel del mar y hasta en el ecosistema alpino, con altitudes de 4000 metros (Abraham et al., 2019).

2.4.2. Producción y utilización mundial del grano

El grano de lupino bajo estudio, *Lupinus angustifolius*, comúnmente conocido en Australia como lupino dulce australiano (ASL-Australian sweet lupin), es una fuente de alimento relevante en la producción intensiva animal en Australia, Japón, Corea y muchos otros países de Asia y Europa. Desde la introducción del ASL al mercado mundial hace más de 40 años, investigadores en muchos países lo han encontrado como un componente valioso para dietas de ganado de carne y lechero, ovinos, cerdos, pollos y hasta producción de peces (Petterson, 2000).

El lupino ha ido incrementando su importancia como componente de la dieta de ganado alrededor del mundo, y en Australia es donde se produce más de la mitad del total a nivel mundial (Landers, 1991). Así mismo, Agnieszka et al. (2005) señalan que el interés por producir grano de lupino está incrementándose, debido a su potencial como fuente proteica.

La producción mundial de dicho grano ha estado liderada históricamente por Australia, en donde se concentra entre el 60 y 70% de la producción mundial, seguida por la Unión Europea, específicamente Bielorrusia, Alemania, Polonia y Ucrania, con producciones de 8, 7, 6 y 3% respectivamente. En Sudáfrica se produce 2% y Chile 1%, siendo éste último el único país sudamericano donde hay una producción significativa, la cual le posibilita realizar exportaciones (ODEPA, 2011). Jacobsen y Mujica (2006) reportan que el lupino también se encuentra cultivado en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina, pero en superficies considerablemente menores.

La máxima producción de lupino se alcanzó en el año 2005, donde se llegaron a 1.65 millones de toneladas a nivel mundial (ODEPA, 2011).

Actualmente, Oceanía continúa siendo el mayor productor a nivel mundial, concentrando el 65% de la producción del grano y abarca el 55% de la totalidad de la superficie sembrada. Así mismo, Europa continúa siendo el segundo mayor productor. *Lupinus angustifolius* sigue siendo la principal especie cultivada (Abraham et al., 2019). Según datos de FAO (2019), se reportan 27 países que cultivan lupino, en una superficie total de 829.195 hectáreas, con un rendimiento medio de 1769 kg/ha y una producción total de lupino a nivel mundial que se sitúa actualmente en torno a 1.5 millones de toneladas.

2.4.3. Inserción a nivel de sistema de producción

Mera (2016) señala: *“Cada cultivo debe ganar su espacio en una rotación basado en su rentabilidad individual. El cultivo de lupino requiere una baja inversión, pero no se caracteriza por una alta rentabilidad, por eso es bueno que el agricultor tome conciencia de los beneficios que reporta este cultivo cuando pasa a integrar la rotación”*. Lo mencionado por este autor hace referencia a la producción en Chile. En Uruguay aún no se ha consolidado un mercado para la comercialización del grano, por lo tanto, no es posible realizar un análisis de rentabilidad como cultivo agrícola. Por ello, es necesario visualizarlo integrado en el sistema de producción como fuente de alimento animal y tomando en cuenta las virtudes que éste presenta al ser incorporado en rotaciones agrícolas.

El cultivo de lupino presenta variados beneficios al integrarse a las rotaciones como alternativa invernal, entre ellos, el aporte de nitrógeno al suelo, control de malezas gramínea, mejora en las condiciones físicas del suelo, interrupción en el ciclo de enfermedades en cereales de invierno, entre otros.

En relación al aporte de nitrógeno, Mera (2016) ha reportado numerosa literatura internacional que indica que el lupino fija alrededor de 50 kg de nitrógeno por hectárea. Honeycutt (1998), Fan et al. (2002) señalan que, además de la gran capacidad de fijación del nitrógeno atmosférico, también promueve la liberación de fósforo orgánico de los suelos, y puede ser una buena opción como cultivo integrante de rotación en sistemas de producción intensiva de grano.

En cuanto al control de malezas, por ser un cultivo de hoja ancha, permite el uso de graminicidas más eficaces que los utilizados en cereales (Mera, 2016). El mismo autor indica que también tiene impactos positivos a nivel de estructura del suelo, ya que los residuos del cultivo tienen una baja relación carbono/nitrógeno, lo que incrementa temporalmente la biomasa microbiana. Además, las hifas de los hongos del suelo aumentan de tal forma que aglutinan materia orgánica, mejorando las propiedades del suelo. A su vez, la planta presenta una raíz principal engrosada, la cual al descomponerse deja espacios en el suelo que facilitan la infiltración de agua, y la posterior penetración de raíces de otros cultivos.

Abraham et al. (2019) señalan que más allá del alto valor nutricional del cultivo, el cual representa variadas ventajas al ser incorporado en sistemas ganaderos, donde puede ser utilizado en dietas animales como concentrado (grano entero, molido o en combinación con otras semillas procesadas) o como forraje (pastoreo directo, ensilaje o heno), los lupinos se caracterizan por una alta productividad de grano, adaptándose a suelos pobres y áridos, tienen menores requerimientos de insumos que otros cultivos y son una excelente alternativa para las rotaciones agrícolas. Mera (2016) señala que este género no se comporta bien en suelos de textura fina con mal drenaje, ya que no toleran el

anegamiento, especialmente *Lupinus albus*, comúnmente conocido como lupino blanco, y *Lupinus angustifolius*. A su vez, todas las especies de lupino están adaptadas a suelos ácidos, característica compartida con *Rhizobium lupini* que nodulan a este género.

2.4.4. Características nutricionales del grano

Petterson et al. (1997) señalan que, basándose únicamente en la composición química del lupino, éste tiene un gran potencial como fuente de proteína y energía para el ganado. Sin embargo, la composición del mismo es caracterizada por despreciables niveles de almidón, altos niveles de carbohidratos solubles e insolubles sin almidón, bajos niveles de aminoácidos azufrados y variables niveles de lípidos. Como consecuencia, la dinámica nutricional del lupino ha presentado muchos desafíos para los nutricionistas, y es a través del entendimiento de la respuesta del ganado a la presencia de dicho grano en las dietas, que la eficiencia de la producción puede ser aumentada (Van Barneveld, 1999).

Petterson (2000) indica que el lupino tiene alto coeficiente de digestibilidad de la proteína en rumen (90%), pero una baja digestibilidad de la energía (60%), debido principalmente al alto contenido de carbohidratos no almidonosos. A su vez, presenta bajo contenido de metionina y lisina. El mismo autor destaca que, la sustitución de harina de soja por ASL en dietas que tienen como base a los granos de cereales para animales criados intensivamente, es posible que no modifique los niveles de lisina, metionina y energía digestible. Por este motivo, el grano de lupino puede ser un componente económicamente competitivo para la formulación de dietas de rumiantes.

Como conclusión de múltiples investigaciones acerca de la suplementación con grano de lupino en rumiantes, hay pocos factores inherentes al grano que pueden afectar negativamente la producción, y los bajos niveles de almidón que éste contiene, determinan que son pocas las precauciones a tomar en relación a disturbios metabólicos (Van Barneveld, 1999).

2.4.4.1. Contenido de fibra y energía

Petterson (2000) indica que el alto contenido de fibra bruta es consecuencia de las gruesas cubiertas de las semillas, las que representan un 25% del peso total del grano en *Lupinus angustifolius*. Mera (2016) indica que los niveles de fibra cruda para dicha especie se encuentran en torno a 14% en base seca.

Así mismo, Van Barneveld (1999) destaca que, el contenido de hemicelulosa de la fibra es proporcionalmente mayor en el género lupino que en otras leguminosas como soja y arveja, en las cuales el contenido de celulosa conforma una mayor proporción de la fibra. En concordancia, Agnieszka et al. (2005) señalan que el contenido total de fibra alimentaria y de fibra soluble es mayor en el grano de lupino, comparado con arveja y soja, siendo la fibra soluble alrededor del 75% de la fibra alimentaria total.

Petterson (2000) destaca que la principal reserva de carbohidratos en grano es en forma de polisacáridos complejos, los beta-glucanos, que componen la mayor parte del material del endosperma y pared celular de cotiledones, y la celulosa y hemicelulosa que están en la testa o cubierta de la semilla. Mera (2016) determina que el grano de *Lupinus angustifolius* contiene entre 21 a 23% de polisacáridos, expresado en base seca. Abraham et al. (2019) señalan que la composición de carbohidratos del grano está caracterizada por un bajo nivel de almidón, altos niveles de carbohidratos no almidonosos y oligosacáridos de rafinosa. Así mismo, Bach Knudsen (1997) indica que el contenido de polisacáridos no amiláceos es casi dos veces más que en otras proteínas vegetales.

2.4.4.2. Contenido de proteína

El grano de lupino se destaca, dentro del grupo de las leguminosas por sus altos niveles proteicos. En el caso de *Lupinus angustifolius* los niveles oscilan entre 29 y 31% de proteína en grano expresado en base seca (Mera, 2016). En concordancia con ello, Petterson (2000) señala que el porcentaje de proteína cruda generalmente es 32% en el caso del ASL, con alguna pequeña variación estacional.

Las proteínas de la semilla de lupino son de reserva, casi el 85% son alfa globulinas y el resto alfa albúminas (Blagrove y Gillespie 1975, Petterson, citado por Luna-Zamora et al. 2019).

Diferentes investigadores encontraron que la proteína del grano de lupino es rápidamente solubilizada a nivel ruminal (Freer y Dove 1984, Erasmus et al. 1988).

Se puede lograr una máxima utilización del nitrógeno rápidamente soluble presente en el grano crudo a través de su incorporación en dietas que contengan un alimento que proporcione energía rápidamente disponible o utilizarlo en dietas que dispongan de muy bajo nitrógeno soluble, como forrajes de mala calidad, ya sea campo natural, fardos, rastrojos, etcétera (Murphy y McNiven, 1994).

En situaciones donde se buscan altos niveles de producción, hay un aumento en los requerimientos proteicos del animal. A pesar de que en estas situaciones productivas intensivas a menudo se suministran suplementos proteicos de alta calidad, debido a la rápida degradación de proteínas a nivel ruminal, el suministro de este nutriente puede continuar siendo inadecuado para satisfacer las necesidades. En estas situaciones el problema radica en parte porque el crecimiento microbiano y la degradación proteica no están acoplados directamente: la velocidad a la que se genera la energía para el crecimiento de microorganismos no está sincronizada con la degradación más rápida de la proteína. Cantidades sustanciales de aminoácidos resultantes de la proteólisis ruminal se desaminan y se utilizan como sustrato energético, en lugar de incorporarse a la proteína microbiana. De este modo, gran parte del valor de los suplementos proteicos se pierde porque el nitrógeno proteico de la dieta se convierte en nitrógeno amoniacal, la mayor parte del cual difunde desde el rumen y se excreta finalmente como urea en la orina. Como resultado final, la eficiencia de utilización de la proteína de la dieta disminuye (Beitz,

citado por Broderick et al., 1991). Es conocido que la proteína suele ser el componente más costoso de la dieta, por ende, es de vital importancia conocer la dinámica de dicho nutriente y contemplar la tasa de degradación del mismo, para equilibrar el suministro proteico de la dieta y la síntesis microbiana, evitando reducciones en la eficiencia de uso de este nutriente (Broderick et al., 1991).

En relación a los aminoácidos, el grano de lupino es deficiente en aminoácidos azufrados (Mohamed y Rayas-Duarte, 1995). Petterson (2000) señala que la composición de aminoácidos del grano se basa en un bajo contenido de metionina, cisteína y lisina, típico de las leguminosas, pero el contenido de arginina en grano es más alto que en la mayoría de las otras leguminosas. Así mismo, Guillaume et al. (1987) demostraron que la harina de soja tiene un mayor contenido de metionina y lisina que el lupino, pero la composición de aminoácidos de efluentes de un sistema in vitro, no mostró diferencias en la producción microbiana entre dietas suplementadas con harina de soja o lupino.

Estudios de laboratorio realizados sobre granos de ASL y otros lupinos para evaluar la cantidad de nitrógeno presente en grano, dieron como resultado de que la suma total de aminoácidos era alrededor de 90% de la proteína (Evans, citado por Petterson, 2000). Por lo tanto, alrededor del 10% del nitrógeno presente en grano es probable que sea de origen no proteico.

2.4.4.3. Contenido de lípidos

El contenido de esta macromolécula en las diferentes especies de lupino presenta un rango bastante amplio, entre 1 y 21%. En el caso de *Lupinus angustifolius*, el contenido usualmente es menor a 6%. La composición de la fracción lipídica del grano de esta especie no presenta grandes variaciones, siendo los mayores componentes ácido palmítico, ácido oleico, ácido linoleico y ácido linolénico (Petterson et al., 1997). Así mismo, Williams y McGibbon (1980) señalan que el lupino se compone principalmente de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, siendo el ácido oleico y ácido linoleico los que componen el 86% de los lípidos. Y el ácido palmítico y linolénico representan más del 5% de los lípidos (Van Barneveld, 1999).

El contenido de lípidos en general es bastante bajo en comparación con los restantes granos de oleaginosas, pero con una alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados. A pesar de esto, la calidad lipídica en cuanto a la relación a ácidos grasos insaturados/ácidos grasos saturados y ácidos grasos poliinsaturados n-3/n-6 es desde el punto de vista nutricional, más importante que la cantidad total (Abraham et al., 2019).

2.4.4.4. Contenido de minerales

El grano de lupino contiene elevadas concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y zinc, pero bajos niveles de calcio y magnesio (Pablo et al., 2013).

Con relación al contenido de microminerales Underwood (1971) señala que estos tienen un rango de variación importante, con diferencias en el contenido de hierro, manganeso, cobalto y selenio dependiendo de la zona donde se da el crecimiento del cultivo, ya que, si el mismo se encuentra en zonas más áridas, generalmente tiende a aumentar las concentraciones de dichos microminerales. Las concentraciones de cobre, molibdeno y zinc también varían con el tipo de suelo y las condiciones de crecimiento del cultivo, pero son factores que inciden en menor magnitud. Puede ocurrir que estas concentraciones se encuentren por debajo de los requerimientos mínimos de mantenimiento y crecimiento de los rumiantes. Sin embargo, el mismo autor destaca que, esto no sería un problema en la formulación de dietas, debido a que el lupino generalmente es utilizado en combinación con otros granos.

2.4.4.5. Contenido de factores antinutricionales

Naturalmente la mayoría de las especies del género *Lupinus* tienen la presencia de compuestos químicos, con propiedades antinutricionales, que son los alcaloides, del tipo quinolizidínico, los cuales pueden ser tóxicos y causar un sabor amargo en el grano. En las plantas superiores, los alcaloides son productos terminales del metabolismo del nitrógeno, considerados como metabolitos secundarios, estando en sus rutas metabólicas implicados los aminoácidos (Mera, 2016). Jacobsen y Mujica (2006) indican que los alcaloides en distintas especies de *Lupinus* están formadas principalmente por esparteína, lupinina y lupanidina. Sin embargo, Mera (2016) señala que el perfil de los alcaloides es específico para cada especie, y generalmente sus niveles son mayores en grano que en las partes vegetativas de las plantas, alcanzando valores entre 1.7 y 2.4% de la materia seca.

Erickson (1985), Godfrey et al. (1995) determinaron que el nivel de alcaloides en concentrados proteicos suministrados a los animales no debe superar el 0.02-0.04%, ya que un contenido mayor puede causar una disminución significativa de la digestibilidad de la proteína. Petterson et al. (1994) señalan que históricamente el grado de uso del lupino se ha visto muy restringido por el alto contenido de alcaloides en la semilla, el cual a menudo es superior a 20 gramos por kilogramo.

Cheeke y Kelly (1989) señalan que los alcaloides presentes en el grano de lupino son de particular importancia, ya que, valores por encima de los tolerables han reportado diversos efectos biológicos, como la disuasión alimentaria, efectos neurológicos y teratogénicos, éste último causante de deformidades esqueléticas conocidas como “crooked calf disease”, en español, “enfermedad de la pantorrilla torcida”.

A pesar de esto, el nivel de los mismos en cultivares modernos es muy bajo, no afectando el consumo de alimentos (Abraham et al., 2019). A través de la investigación y selección dentro de las especies de *Lupinus albus*, *Lupinus angustifolius* y *Lupinus luteus*, desde el año 1927, se lograron obtener materiales con bajos niveles de alcaloides, inferiores a 0.05% de la materia seca en el grano, definiéndose el grupo conocido como lupinos dulces, siendo principalmente las primeras dos especies mencionadas, las que se utilizan a nivel mundial en dietas de animales (Mera, 2016).

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

Usualmente los granos que se suministran en dietas de rumiantes son procesados para lograr un mejor aprovechamiento de estos a nivel ruminal, debido a que aumenta la disponibilidad del almidón y la proteína, y posibilita mejorar la digestibilidad y alterar el lugar donde se llevará a cabo la digestión (Rowe et al., 1999). La molienda de los granos aumenta el área de superficie de contacto, lo que facilita su uso por microorganismos ruminales (Rojas et al., 2011). Además, desde el punto de vista animal, el proceso de masticación de granos enteros de cereales sería mayor en bovinos jóvenes y que consumen raciones con adecuados niveles de fibra larga (Turgeon et al., 2010), a diferencia de lo que ocurre en animales adultos, que mastican y rumian menos, necesitando que los granos de cereales sean previamente procesados (Restle et al., 2009). Sin embargo, estudios con bovinos adultos difieren en sus resultados productivos de acuerdo al tipo de cereal entero que es utilizado en las raciones. En el caso del lupino blanco y australiano, al igual de lo que ocurre en maíz, algunos estudios señalan que el uso de estos granos, suministrados enteros o procesados, tienen respuestas productivas similares en la suplementación de bovinos (Rojas y Catrileo 1998, Pordomingo et al. 2002, Rojas 2009). Por lo tanto, el procesamiento del grano de lupino no parecería ser una variable de manejo de relevancia para tener en cuenta.

En concordancia con lo anteriormente mencionado, Rojas y Catrileo (1998), estimaron el porcentaje promedio de excreción del grano de lupino en la materia fecal de novillos Hereford de 9 a 10 meses que fueron suplementados con una ración que contenía 26% de lupino australiano entero, siendo los valores reportados mayores a 3%. En general, son más parecidos a los obtenidos en maíz por Elizalde et al. (2005), que determinaron un 5.8% de este cereal en materia fecal de vaquillonas de 12 meses alimentadas con raciones que contenían 79% de maíz, por lo que se concluye que la rumia permite dañar a estos granos, al punto de no ser necesario su procesamiento físico.

En relación a las proteínas en grano, Van Soest (1982) indicó que las globulinas y las albúminas son más sensibles a la desnaturalización por calor que otras proteínas. Por lo tanto, someter al grano a procesos de calentamiento, podría resultar en una disminución de la solubilidad y degradabilidad ruminal efectiva de la proteína cruda. Esto se puede observar en el Anexo No. 6, donde se presentan las curvas de degradabilidad de la proteína

en rumen, tanto para el grano de soja, de lupino crudo y de lupino tostado. La menor solubilidad, así como la menor velocidad constante para la fracción proteica potencialmente degradable, sugiere que habría una liberación más sostenida de nitrógeno en el lupino tostado, disminuyendo el potencial de liberación rápida de cantidades excesivas de nitrógeno en rumen. Sin embargo, la degradación efectiva del nitrógeno del lupino tostado fue ligeramente menor a la del lupino crudo, lo que indica que no necesariamente los animales se benefician por esa menor solubilidad que se le confiere a la proteína del grano al procesarlo (Murphy y McNiven, 1994).

2.4.6. Respuesta a la suplementación

Dixon y Hosking (1992) señalan lo siguiente: “*La suplementación con lupino en rumiantes ha demostrado tener numerosos efectos positivos en término de crecimiento y eficiencia reproductiva, comparable con suplementos de granos de cereales. Esto puede deberse en primera instancia a la contribución proteica del grano, como fuente de nitrógeno para la síntesis de proteína microbiana, pero también, posiblemente pueda deberse a contenidos de energía metabolizable superiores y a una menor perturbación de la digestión de la fibra, que suele acompañar a la fermentación del almidón de los cereales*”. Consistentemente con esto, Hynd et al. (1985) consideraron la hipótesis de que la predominancia de beta-glucanos en el grano, comparado con el almidón en la mayoría de los cereales, podría tener un efecto diferencial en la población microbiana del rumen.

En estudios con pequeños y grandes rumiantes, las respuestas positivas encontradas al suplementar con lupino fueron resultado de un aumento en el aporte de nutrientes a la dieta del animal, más que un efecto beneficioso específico del componente lupino (Van Barneveld, 1999). En concordancia, Sedláková et al. (2016) señalan que el valor del lupino, más allá de su gran aporte proteico, se ve reforzado por su capacidad de complementar otros componentes alimenticios, logrando un equilibrio total de nutrientes en la dieta.

A nivel nacional, no se han reportado trabajos en los que se haya estudiado la respuesta a la suplementación con lupino en bovinos que se encuentren pastoreando campo natural. Bergós y Errandonea (2020) evaluaron la respuesta a la suplementación de diferentes granos, entre los cuales se encontraba el lupino, en terneros pastoreando un verdeo de invierno, trabajo en el cual se obtuvieron valores de respuesta a la suplementación con dicho grano de 0.43 kg/animal/día. Existe otro antecedente nacional en el cual fue utilizado el grano de lupino, pero el mismo fue realizado con ovinos, en búsqueda de una mejora en la eficiencia reproductiva (Aroztegui y Olivera, 2012).

Tampoco son numerosos los trabajos en el ámbito internacional en que se evalúa al lupino como suplemento en dietas de terneros. Rojas y Catrileo (1992) realizaron un experimento en el que evaluaron la suplementación con lupino blanco (*Lupinus albus*) en novillos Hereford estabulados, en el cual obtuvieron respuestas a la suplementación de 0.705 kg/animal/día.

2.5. HIPÓTESIS

La suplementación invernal con lupino a terneros de destete manejados sobre campo natural incrementa la ganancia de peso vivo respecto al testigo sin suplementación. Dicha respuesta estaría mediada por un aumento en el consumo total de materia seca, energía y proteína, así como por una modificación en el comportamiento ingestivo animal.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y PERÍODO DEL EXPERIMENTO

El trabajo fue ejecutado en el establecimiento ganadero-agrícola “El Jaguel”. El mismo se ubica en el departamento de Salto, en la localidad denominada El Tropiczo, al Este de la capital departamental. Su forma de acceso es por el kilómetro 10⁵⁰⁰ de la ruta nacional No. 31, 10 kilómetros al Sur por camino vecinal (coordenadas geográficas 31°27'49.60" de latitud Sur y 57°48'53.10" de longitud Oeste).

El experimento fue llevado a cabo durante el invierno de 2020, en un período comprendido entre el 20 de julio al 14 de setiembre, totalizando una duración de 56 días, estando precedido de un período preexperimental de 14 días.

3.2. ÁREA EXPERIMENTAL E INFRAESTRUCTURA

El área experimental totalizó una superficie de 13.6 hectáreas, correspondientes a un potrero de campo natural, el cual fue subdividido en 6 parcelas de 2.27 hectáreas.

Dicha área experimental se sitúa sobre la región basáltica, en la unidad Itapebí Tres Árboles. El grupo de suelo CONEAT predominante en el área de trabajo es 1.11a, en el que predominan Litosoles Éutricos Melánicos, Litosoles Subéutricos Melánicos y Litosoles Ródicos. Como suelos asociados se pueden encontrar Brunosoles Éutricos Típicos moderadamente profundos, superficiales y a veces profundos. El índice CONEAT promedio del área de interés es 65.

El perímetro del área experimental se delimitó mediante un alambrado de tipo convencional, excepto la línea SE, que fue sobre la que se trabajó por tener acceso a todas las unidades del experimento, para la cual se usó alambrado eléctrico de 3 hilos. Las subdivisiones internas entre parcelas se delimitaron con alambrado eléctrico de 2 hilos.

Las 6 parcelas tenían similares características, todas con acceso a agua en bebederos, y 3 de ellas, disponían de dos comederos cada una para suplementación diaria. Los bebederos se compartían entre parcelas. Los mismos eran tanques de pvc con capacidad de 400 litros. Se abastecían mediante un sistema de suministro de agua por desnivel, la que provenía de un tanque australiano. Además, se les instaló un sistema de bollas el cual aseguraba una disponibilidad continua de agua en cada parcela. En relación a los comederos, se obtuvieron mediante el corte longitudinal de tarrinas de 200 litros, y se les añadió tramas en la base para evitar su vuelco. Los mismos se ubicaron sobre la línea de alambrado SE que recorría el frente del área experimental, por lo que los animales accedían por un solo lado. El largo total de cada comedero fue de un metro, por lo que se aseguró un frente de ataque individual adecuado.

Tanto bebederos como comederos se ubicaron en la parte alta del potrero, zona firme y bien drenada, en donde se presentaron sobre una línea en dirección NE-SW, lo que acompañó el sentido del alambrado perimetral frontal del potrero. En la Figura No. 1 se presenta un croquis del área experimental descrita anteriormente.

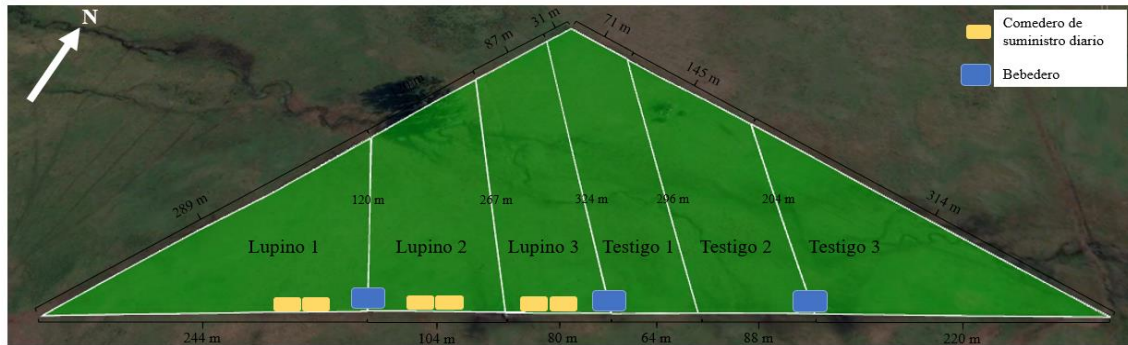


Figura No. 1. Diseño del área experimental, con identificación de los tratamientos y sus respectivas repeticiones, y ubicación estimada de comederos y bebederos

3.3. CLIMA

En base a datos extraídos del Banco Agroclimático de INIA Salto Grande, para la serie histórica 1970-2019, en el Gráfico No. 1 se presentan los valores de temperaturas media, mínima media y máxima media, para el período experimental (20/7-14/9). Simultáneamente, se presenta el promedio histórico de precipitaciones para el mismo período.

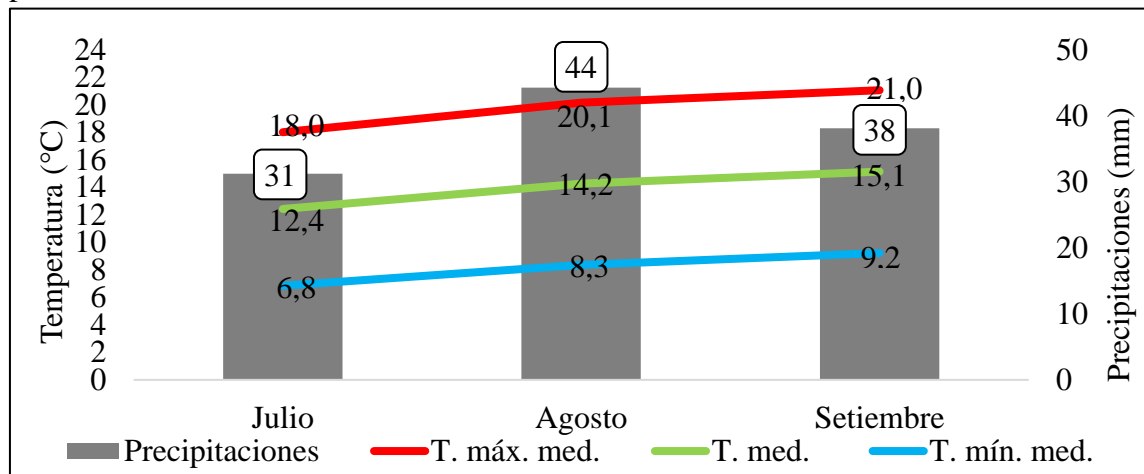


Gráfico No. 1. Temperaturas mensuales medias (T. med.), mínimas medias (T. mín. med.) y máximas medias (T. máx. med.), y precipitaciones acumuladas promedio, para la serie histórica 1970-2019 durante el período 20 de julio al 14 de setiembre, en la zona del experimento

Fuente: elaborado en base a INIA. GRAS (s.f.).

Los datos de temperatura promedio para el período comprendido entre el 20 de julio al 14 de setiembre de la serie histórica de 49 años, arrojan valores de 13.9°C, con temperaturas mínimas medias de 8.1°C y máximas medias de 19.7°C. El total de precipitaciones acumuladas en el mismo período es de 113 mm.

En relación a los registros históricos de heladas agrometeorológicas ocurridas en igual período, las mismas fueron 9 desde el 20 al 31/7, 9 desde el 1 al 31/8 y 2 desde el 1 al 14/9.

3.4. ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Se utilizaron 24 terneros castrados de raza Hereford, nacidos en la primavera de 2019. El ingreso al experimento fue con un peso vivo promedio de 135 ± 1 kg, y los mismos se distribuyeron al azar en 6 grupos, los que fueron sorteados a dos tratamientos:

- Testigo: pastoreo de campo natural sin acceso a suplemento.
- Suplementación con lupino: *idem* a Testigo más suplementación con *Lupinus angustifolius* a razón de 1 kg de MS/100 kg de peso vivo.

El experimento presentó un diseño de parcelas al azar. Cada tratamiento quedó constituido por 3 repeticiones reales, representadas por 3 parcelas de pastoreo independientes, cada una de las cuales fue pastoreada por 4 terneros en forma continua, con una carga fija de 1.76 terneros por hectárea, equivalente a 237.6 kg de PV por hectárea al inicio del experimento.

Los animales se identificaron con caravanas de color, las que fueron colocadas en la oreja derecha (amarillas para los correspondientes a los lotes suplementados con lupino y celestes para los correspondientes a los lotes Testigo). A su vez, cada caravana fue numerada según la repetición a la que correspondía cada animal.

3.5. BASE FORRAJERA Y SUPLEMENTO

El área experimental se mantuvo bajo pastoreo continuo con una carga de 0.8 UG/ha hasta el 6 de julio, momento en que ingresaron los animales correspondientes al experimento. La disponibilidad promedio al inicio del período experimental para toda el área fue de 1018.24 ± 60.77 kg de MS/ha.

Mediante el método de muestreo de especies denominado “Paso Punto” (Berretta, 1990), se procedió a realizar una caracterización cualitativa del tapiz. Dicho método consistió en el uso de una aguja de alambre, que se apoyó de forma vertical sobre el suelo, y se describieron todas las especies que contactaron con esta. Fueron tomadas 50 lecturas por parcela, con una distancia entre lecturas de 15 pasos. Se hizo una recorrida en zigzag dentro de cada unidad experimental. Las características más relevantes que se obtuvieron de dicho análisis, mediante una caracterización de especies según Rosengurtt (1979), fueron predominio de especies de tipo vegetativo perenne en la totalidad del área

experimental (77.5%), con proporción de especies según ciclo productivo similar, siendo un 53.69% invernales y 46.31% estivales, y predominio de especies de tipo productivo fino, las que representaron un 24.59%. Importante proporción de malezas enanas o menores, que corresponden al 21.83% de las especies según tipo productivo. En el Gráfico No. 2 se representa la proporción de especies según tipo productivo de la totalidad del área del experimento. La Contribución Específica por Presencia (CEP), calculada como la relación expresada en porcentaje entre la frecuencia de una especie y la suma de las frecuencias de todas las especies, arroja como predominantes a: *Lolium multiflorum*, *Adesmia bicolor*, *Andropogon lateralis*, *Oxalis spp* y *Stipa setigera*, con una CEP de 11.36, 7.83, 7.28, 6.06 y 5.29 respectivamente (Anexo No. 7).

ME= malezas enanas, MCS= malezas de campo sucio.

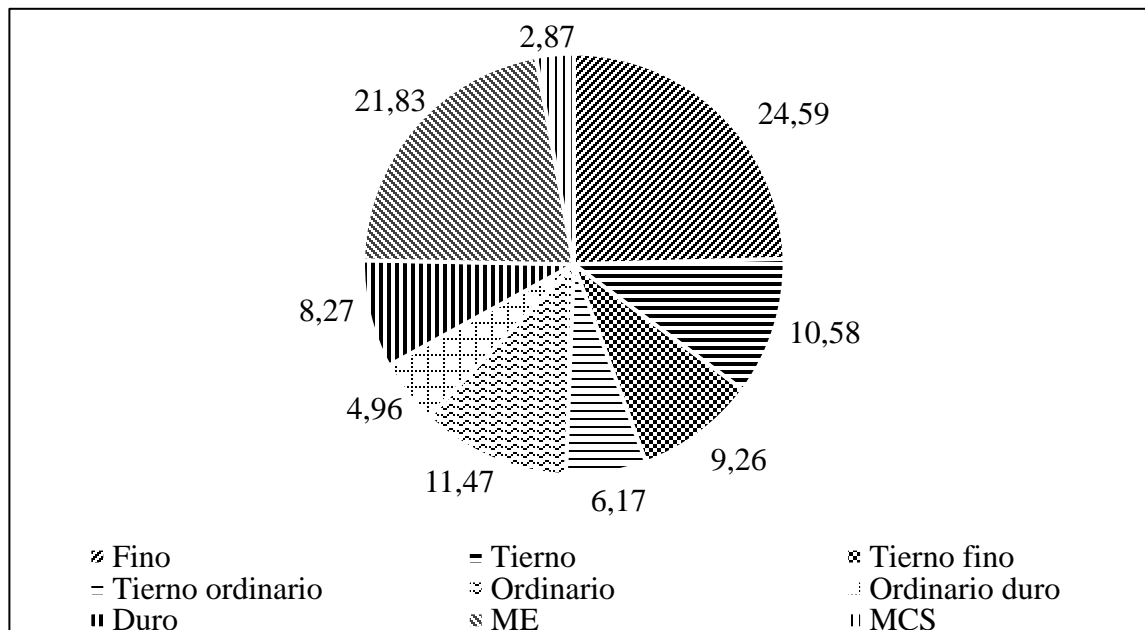


Gráfico No. 2. Proporción de especies según tipo productivo relevadas en el área experimental

En relación al suplemento, el grano de lupino suministrado fue obtenido en la empresa “El Cerro”, un establecimiento agrícola ganadero ubicado en el departamento de Río Negro, el cual hace un tiempo ha incorporado al *Lupinus angustifolius* en su sistema productivo. El grano fue suministrado quebrado, procesamiento realizado en el establecimiento de origen. El mismo fue almacenado en bolsones de 500 kg, en un galpón cercano al área experimental, en un ambiente seco y fresco.

En el Cuadro No. 5 se presenta la composición química del grano de lupino suministrado.

Cuadro No. 5. Composición química del grano de *Lupinus angustifolius* suministrado (expresado en base seca)

Materia seca (%)	91.24
Cenizas totales (%)	3.64
Proteína cruda (%)	26.34
Extracto etéreo (%)	3.95
Nitrógeno insoluble en detergente neutro (%N*6.25)	4.26
Nitrógeno insoluble en detergente ácido (%N*6.25)	1.59
Fibra detergente neutro (%)	46.89
Fibra detergente ácido (%)	36.96
Lignina secuencial (%)	7.92

3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.6.1. Período preexperimental

Los animales fueron adquiridos el 7 de mayo de 2020, provenientes de un establecimiento comercial ubicado a 80 kilómetros de “El Jaguel”, lugar donde se castraron al nacer y se destetaron en forma convencional. Al momento de recibir los terneros se realizó la sanidad correspondiente (Ivermic 3.15, Carbovac, Clostrisan9+T y Closantel 10%).

Entre el 15 al 25 de mayo, se procedió a realizar el acostumbramiento de la totalidad de los terneros. Dicha actividad consistió en la permanencia de los animales en un corral, donde dispusieron de agua y sombra, y alimento (luego del día 2). El objetivo de este procedimiento fue que la totalidad de los animales aprendieran a comer concentrado, utilizándose a estos efectos DDGS (granos secos de destilería con solubles de sorgo).

Durante el día 1 dispusieron únicamente de agua. Desde el día 2, se ofreció 1 kg de fardo de alfalfa cada 100 kg de PV corregido por MS, más 0.2 kg por cabeza de concentrado, el cual fue colocado sobre el fardo. Mientras se colocaba el alimento en los comederos, los terneros permanecían en un corral aparte, y una vez que se permitía el acceso al suplemento, se observaba que la totalidad de los animales formaban sobre la línea de comederos. El suministro de alimento se realizó una sola vez al día, a la misma hora por la mañana (7:00 h). A última hora de la tarde se observaba posibles excedentes de alimento del comedero, los que eran retirados. Desde el día 3 en adelante, el suministro de concentrado se fue incrementando a razón de 0.2 kg por día hasta alcanzar el 1% del peso vivo.

Finalizada esta primera fase de acostumbramiento a corral, la totalidad de los animales pasaron a pastorear campo natural, en un potrero distinto al área designada al experimento, en donde disponían de comederos de autoconsumo con DDGS y maíz quebrado. Dicha fase se extendió desde el 26 de mayo al 5 de julio.

El día 6 de julio los animales ingresaron a las unidades experimentales. Se procedió a pesar en la mañana la totalidad de los terneros que formaban parte de la evaluación, los cuales tenían ayuno previo.

Durante los primeros 3 días en la parcela experimental, se procedió a realizar una transición de dieta. A los terneros correspondientes al tratamiento lupino, el primer día se les suministró como suplemento 70% de la mezcla de DDGS y maíz, y 30% de lupino quebrado. El día 2, se les suministró 40% de DDGS y maíz, y 60% de lupino quebrado, y al cabo del día 3, disponían de un suplemento constituido por 10% de la mezcla de DDGS y maíz, y 90% con grano de lupino quebrado. Una vez que se comenzó a suministrar 100% de lupino, se continuó observando el consumo efectivo de los animales de cada parcela, registrando diariamente el rechazo. En el caso de los animales correspondientes al tratamiento Testigo, se procedió a una disminución gradual del suplemento constituido por DDGS y maíz, siendo 60% el día 1, 30% el día 2 y 10% el día 3.

Los 14 días comprendidos entre el 6 y 19 de julio, se considera como período estrictamente preexperimental, ya que, a pesar de haber hecho un aumento paulatino de la incorporación del grano de lupino como único componente de la dieta, los animales requirieron más tiempo para lograr una correcta aceptación al grano, dado que durante las dos primeras semanas no se logró un consumo estable del suplemento, encontrándose gran variabilidad de éste entre unidades experimentales, lo que no permitía evaluar uniformemente el efecto del grano entre parcelas.

3.6.2. Período experimental

El día 20 de julio los animales ingresaron en el período experimental propiamente dicho. Se pesaron, al igual que la primera pesada en el período pre-experimental, siendo la misma correspondiente al peso vivo de referencia de inicio.

En el tratamiento suplementado con lupino, los terneros recibían el concentrado en forma diaria por la mañana, sistemáticamente a la misma hora (7 am), en su correspondiente parcela de pastoreo. Al momento del llenado de comederos se extraía el remanente de lupino del día anterior. La cantidad de suplemento ofrecido (kg de MS por animal por día) fue ajustada cada 14 días, en función del último peso vivo registrado de cada lote, corrigiendo por porcentaje de humedad del grano, para así ofrecer la cantidad objetivo de suplemento, correspondiente al 1% del peso vivo.

El día 14 de setiembre culminó el período experimental, mañana en la que los animales fueron pesados, con ayuno previo, registrándose el peso vivo de referencia final.

3.7. REGISTROS Y MEDICIONES

3.7.1. Animales

3.7.1.1. Consumo de suplemento

Se determinó para cada grupo de animales como la diferencia entre la cantidad de materia seca de alimento ofrecido diariamente al momento de llenado de comederos y la cantidad de alimento rechazado, medido como la cantidad de residuo de lupino del día anterior al momento en que se procedió a suministrar el suplemento.

También, al inicio del experimento y cada 14 días se extraía una muestra representativa del grano ofrecido, la que se secaba al igual que las muestras de forraje, para determinar el contenido de MS del grano. Las mismas fueron conservadas, molidas en molinillo y combinadas en una sola muestra para su posterior análisis químico.

3.7.1.2. Peso vivo

Los animales fueron pesados individualmente al inicio del experimento y cada 14 días. El registro de peso se hizo siempre temprano en la mañana, con ayuno previo de aproximadamente 12 horas. Los tratamientos eran mezclados al momento de la actividad, para que los registros de pesos de la totalidad de los animales de cada lote, sean sin un orden de ingreso predeterminado. Dicha actividad se llevó a cabo con el uso de una balanza electrónica Tru Test modelo XR5000, siendo el mismo dispositivo utilizado durante la totalidad del período de evaluación.

3.7.1.3. Comportamiento ingestivo

En dos días consecutivos durante el transcurso del período experimental, específicamente el 26 y 27/7, 15 y 16/8 y 7 y 8/9, se registró el comportamiento de los animales, mediante observación directa de cada uno dentro de su parcela. Durante las horas de luz (7-19 hs), cada 10 minutos, fueron registradas las actividades que estos realizaban, ya sea pastoreo efectivo o búsqueda, rumia parado o echado, descanso parado o echado, consumo de agua y consumo de suplemento.

En las mismas fechas de comportamiento ingestivo, también se midió la tasa de bocado, durante la primera sesión de pastoreo al comienzo de la mañana y al final de la tarde, registrando el número de bocados de prehensión realizados en un minuto por cada animal.

También, en uno de los dos días de cada jornada de comportamiento, se procedió mediante la técnica de hand-clipping (Coates y Penning, 2000), a tomar muestras del forraje consumido por cada ternero de cada una de las parcelas de pastoreo. Dicha técnica consiste en observar a los animales mientras efectúan el pastoreo y simular en el área adyacente el mismo, cortando el forraje de forma tal de extraer una muestra representativa de lo que los animales seleccionan, siendo el remanente de forraje similar al dejado por

los mismos. Luego estas muestras fueron secadas en estufa de la misma forma que las muestras para disponibilidad, y luego molidas en molinillo y conservadas para su posterior análisis químico, las que se identificaron en forma clara y fueron enviadas al laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía.

3.7.2. Pastura

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

La disponibilidad de forraje se determinó al inicio del período experimental y cada 14 días. Para estimar la biomasa aérea se utilizó la técnica de doble muestreo de Haydock y Shaw (1975). El procedimiento consistió en recorrer el área experimental e identificar 2 escalas (a y b) de 5 puntos cada una, siendo el punto 1 el correspondiente a la menor cantidad de forraje y el punto 5 a la mayor cantidad. Para delimitar las escalas se utilizó un cuadrado de alambre de 30 cm de lado. Además, se registró la altura de la pastura en los 4 vértices y centro del cuadrado, para lo cual se tuvo en cuenta el punto más alto de contacto de la lámina con la regla, sin estirarse. También, sobre los cuadrados de las escalas se estimó en forma visual la proporción de restos secos y suelo desnudo.

Una vez que las escalas fueron debidamente identificadas, se recorrió cada unidad experimental, en zig-zag y se fue arrojando el cuadrado, realizando 25 repeticiones por parcela, para así determinar la frecuencia de las escalas en cada unidad.

Al finalizar los registros descriptos, se procedió a cortar cada escala al ras de suelo. Las 10 muestras de forraje obtenidas, correspondientes a las 2 escalas de 5 puntos, se colocaron en bolsas plásticas, se identificaron (fecha, escala y repetición) y se refrigeraron hasta su traslado a la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de Salto, donde fueron ser secadas en estufa a 60°C durante 48 horas, hasta llevarlas a peso constante, para poder determinar el peso seco de cada cuadro.

Con el peso seco de cada muestra, se procedió a realizar un promedio ponderado de los kilogramos de materia seca estimados por hectárea para cada escala, y teniendo en cuenta la frecuencia de aparición de las escalas en cada una de las parcelas del experimento, se calculó la disponibilidad de forraje, en kilogramos de materia seca por hectárea.

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

3.7.3. Registros meteorológicos

Las precipitaciones fueron registradas en el propio establecimiento, mediante un pluviómetro ubicado a 250 metros del área experimental. En tanto, los datos de temperatura mínima, media y máxima diaria, y el reporte de heladas agrometeorológicas, se tomaron de la Base Meteorológica de INIA Salto Grande, la cual se ubica a 22.6 kilómetros en línea recta del predio en donde se situó el experimento.

3.8. ANÁLISIS QUÍMICO DE LA DIETA

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

Sobre las muestras de forraje se determinó materia seca (MS), cenizas totales (C), nitrógeno total (NT) y fibra detergente ácido (FDA, AOAC, 2012). La composición química de la pastura al inicio del período experimental se determinó sobre una muestra compuesta de las repeticiones a y b, para cada escala en dicha fecha, y con los resultados de análisis químico de cada una de las muestras, ponderando según la frecuencia de aparición de las escalas en cada unidad experimental. Las muestras de forraje seleccionado fueron combinadas en una muestra compuesta por parcela para el período experimental.

Sobre la muestra del grano de lupino se determinó materia seca (MS), cenizas totales (C), nitrógeno total (NT), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina secuencial, extracto etéreo (EE), nitrógeno insoluble en detergente neutro (NIDN) y nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA, AOAC, 2012). Las muestras del grano de lupino también fueron combinadas en una única muestra para el período experimental.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado mediante modelos lineales correspondientes a un diseño de parcelas al azar, considerando como unidad experimental a la parcela de pastoreo. El modelo estadístico general incluyó el efecto del tratamiento y el peso inicial como covariable.

Los registros de consumo de materia seca de suplemento y cambios en la condición de la pastura (disponibilidad, altura, % de restos secos, biomasa forraje verde) fueron analizados como medidas repetidas en el tiempo, utilizando el procesamiento Mixed de SAS (versión 2008), e incluyéndose en el modelo el efecto de semana de medición y de la interacción con el tratamiento.

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

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

Modelo general:

$$Y_{ijkl} = \beta_0 + \zeta_i + \varepsilon_{ij} + \beta_1 dk + \beta_{1i} \zeta_{idk} + \beta_2 PV_{ij} + \sigma_{ijkl}$$

Dónde,

Y_{ijkl} : peso vivo

β_0 : intercepto

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

ε_{ij} : error experimental

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

$\beta_{1i} \zeta_{idk}$: es la pendiente del PV en función de los días para cada tratamiento

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

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

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

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

Dónde,

P : es la probabilidad de rumia, descanso o pastoreo

β_0 : es el intercepto

ζ_i : es el efecto de los tratamientos

P_j : es el efecto de la semana

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

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

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

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

Dónde,

Y_{ijkl} : es la tasa de bocado

μ : es la media general

ζ_j : es el efecto de los tratamientos

ε_{ij} : es el error experimental

P_k : es el efecto de la semana

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

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

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

En todos los casos se consideró un efecto estadísticamente significativo cuando la probabilidad de error de tipo I fue al 5% ($P < 0.05$) y una tendencia cuando $P = 0.06$.

Las medias de los tratamientos fueron comparadas mediante contrastes Tukey.

4. RESULTADOS

4.1. REGISTROS METEOROLÓGICOS

En el Gráfico No. 3 se presenta una comparación entre los datos de precipitaciones recabados en el experimento y los promedios históricos para la zona de esa variable climática, en la serie de datos de 49 años de INIA Salto Grande, durante el período estrictamente experimental, comprendido entre el 20 de julio al 14 de setiembre de 2020. Los niveles de precipitaciones registrados en el establecimiento para el período de interés fueron de 114 mm, en tanto, la serie histórica de datos arroja valores de 113 ± 6.16 mm.

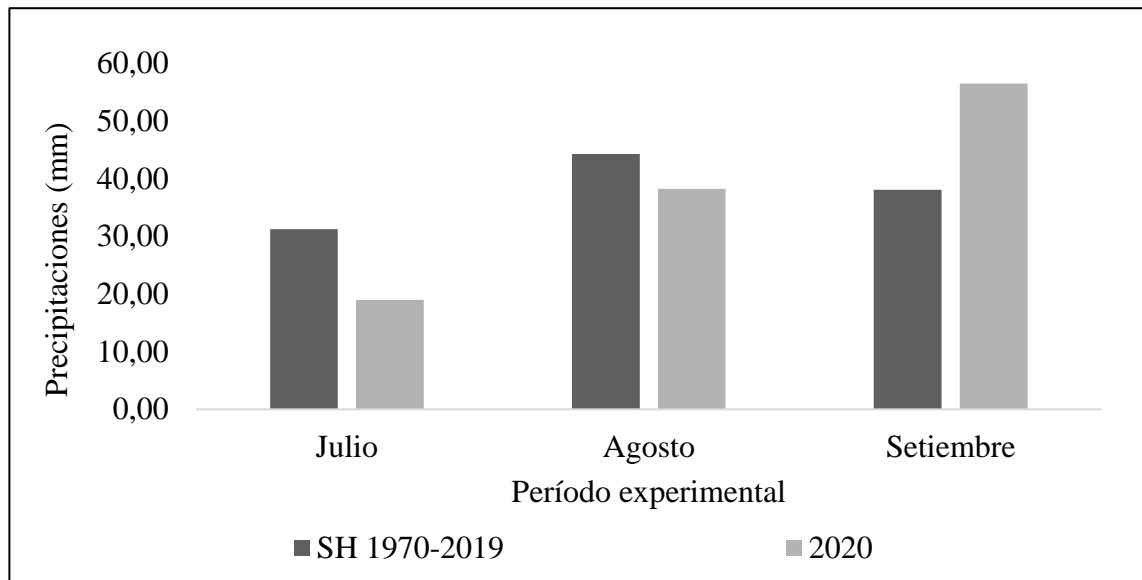


Gráfico No. 3. Precipitaciones mensuales registradas correspondientes al período comprendido entre el 20 de julio al 14 de setiembre, para el año 2020 y para la serie histórica (SH) 1970-2019

Fuente: elaborado en base a INIA. GRAS (s.f.).

En relación a la temperatura, en el Cuadro No. 6 se puede observar que, durante el período experimental, las medias registradas para los valores mínimos, medios y máximos, fueron superiores a las de la serie histórica de datos. También en el mismo cuadro, se puede observar que para el año 2020, durante el mes de agosto, es en el que se registran temperaturas mayores al promedio histórico.

En relación a las heladas agrometeorológicas, con la información presentada en el Cuadro No. 6 se puede afirmar que la ocurrencia de dicho fenómeno estuvo dentro de los valores esperables para el período de interés, no difiriendo notoriamente con la serie histórica de datos.

Cuadro No. 6. Registro de temperatura del aire mínima media, media y máxima media, y ocurrencia de heladas agrometeorológicas, durante el período comprendido entre el 20 de julio al 14 de setiembre, para la serie histórica (SH) de datos de 49 años (1970-2019) y para el año 2020, y el correspondiente promedio de cada parámetro durante el período mencionado

		Julio	Agosto	Setiembre	Promedio del período
Temperatura mínima media	SH	6.84	8.34	9.22	8.13
	2020	7.33	12.50	11.33	10.39
Temperatura media	SH	12.42	14.25	15.13	13.93
	2020	11.54	17.55	16.47	15.19
Temperatura máxima media	SH	17.99	20.15	21.04	19.73
	2020	15.75	22.60	21.60	19.98
Heladas agrometeorológicas	SH	9	9	2	20
	2020	11	10	1	22

Fuente: elaborado en base a INIA. GRAS (s.f.).

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA

4.2.1. Caracterización física de la pastura

En el Cuadro No. 7 se presentan las medias ajustadas de las características físicas de la pastura que fueron medidas en el ensayo y la significancia de los efectos incluidos en el modelo estadístico.

La disponibilidad inicial de forraje en la totalidad del área experimental fue de 1018.2 ± 60.8 kg de MS/ha, con una altura promedio de 4.4 ± 0.2 cm, no encontrándose un efecto de tratamiento estadísticamente significativo para estas variables.

Cuadro No. 7. Efecto de la suplementación con lupino a terneros pastoreando campo natural sobre la condición física promedio de la pastura durante el período experimental (medias ajustadas)

Variable	Tratamiento			Probabilidad		
	Test.	Supl.	EE	T	S	T×S
Biomasa aérea (kg MS/ha)	912.6	943.6	56.0	0.71	0.01	0.06
Altura (cm)	5.7	5.6	0.3	0.85	<0.01	0.03
Restos secos (%)	31.5	31.9	0.3	0.38	<0.01	0.03
Biomasa verde (kg MS/ha)	619.7	644.8	36.8	0.65	0.01	0.06

Test.= Testigo sin suplementación, Supl.= suplementación con lupino, EE= error estándar, T= tratamiento, S= semana, TxS.= interacción tratamiento por semana.

De las variables contenidas en el Cuadro No. 7 ninguna de las cuatro presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, siendo el efecto de la suplementación sobre la altura y la proporción de restos secos dependiente de la semana de evaluación ($P < 0.05$), y registrándose para la biomasa aérea total y biomasa verde una tendencia ($P = 0.06$).

Tomando en cuenta el período experimental, la biomasa aérea promedio para la totalidad del área fue de 928.1 ± 60.8 kg de MS/ha, con una altura promedio de 5.6 ± 0.2 cm.

Al finalizar el experimento, el valor de disponibilidad de forraje promedio fue de 838.4 ± 60.8 kg de MS/ha, con una altura promedio de 6.3 ± 0.2 cm.

En el Gráfico No. 4 se presenta la evolución de la biomasa aérea y la altura por tratamiento durante el período experimental. En el mismo se puede observar que la disponibilidad, en ambos tratamientos, tendió a incrementar hacia la segunda quincena de agosto, en la semana de medición correspondiente al 31/8, sin embargo, es un valor que no difirió estadísticamente de las disponibilidades que lo precedían. Así mismo, se puede destacar una caída de la disponibilidad forrajera hacia la última semana de medición, que solo fue significativa para el tratamiento Testigo. Por lo tanto, el forraje disponible tuvo una tendencia a mantenerse durante el transcurso del experimento, con una leve caída hacia el final, significativa en el tratamiento sin acceso a suplementación (Anexo No. 8).

A diferencia de la biomasa disponible, la altura sí mostró un efecto significativo de la interacción T×S ($P= 0.03$). La evolución de esta última variable durante el transcurso del experimento, en ambos tratamientos tuvo cierta tendencia a mantenerse. En el área correspondiente al tratamiento sin acceso a suplementación, la primera medición fue la más baja, valor que difirió estadísticamente en relación a los restantes. En el área del tratamiento con acceso al suplemento, las primeras 4 mediciones no difirieron estadísticamente, y el valor de altura correspondiente a la última semana de medición tampoco difirió estadísticamente a los de las semanas del 3/8 y 17/8 (Anexo No. 9).

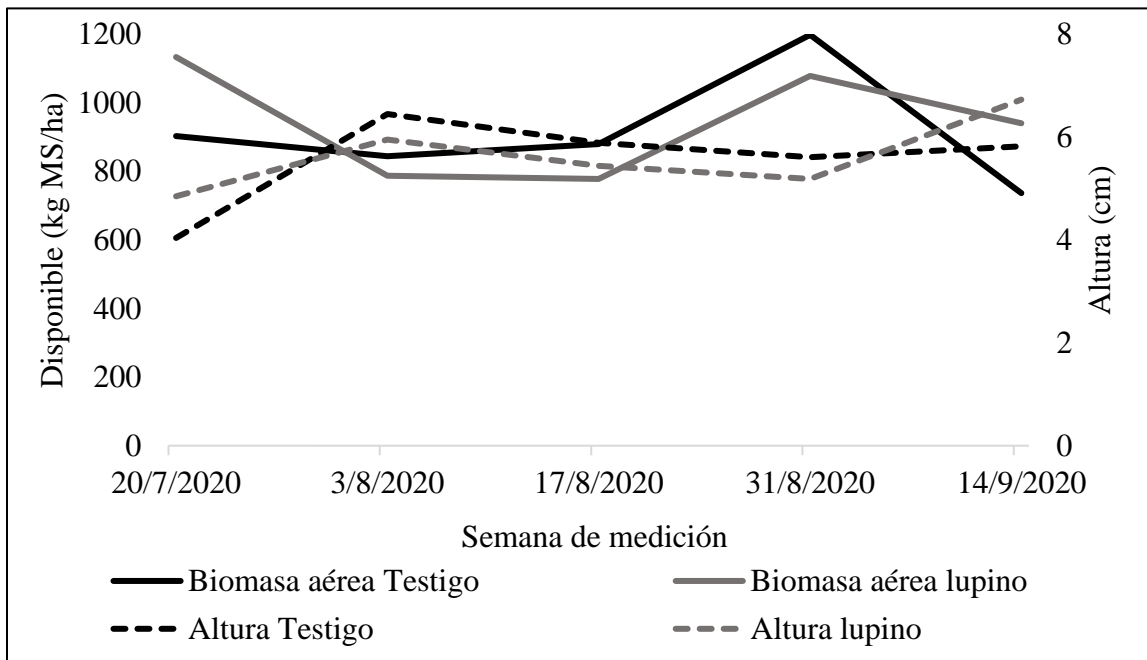


Gráfico No. 4. Evolución de la disponibilidad promedio y altura del forraje de las unidades experimentales durante las semanas de medición del período experimental

En relación a la proporción de restos secos, en el Gráfico No. 5 se presenta la evolución de dicha variable, conforme avanzaron las semanas de medición. Puede observarse que hubo una leve tendencia a aumentar los restos secos en las primeras dos semanas del experimento, y posteriormente disminuyeron notoriamente. Para ambos tratamientos, las medias ajustadas difirieron estadísticamente durante todas las semanas de medición, excepto para las correspondientes a las semanas 5 y 7, con fecha 17/8 y 31/8, respectivamente (Anexo No. 10). Inicialmente la proporción de restos secos del área experimental eran de 35%, dos semanas después aumentaron a 42%, en la semana 5 y 7 se mantuvieron en torno a 32% y posteriormente disminuyeron, hacia el final del experimento a valores cercanos a 16%.

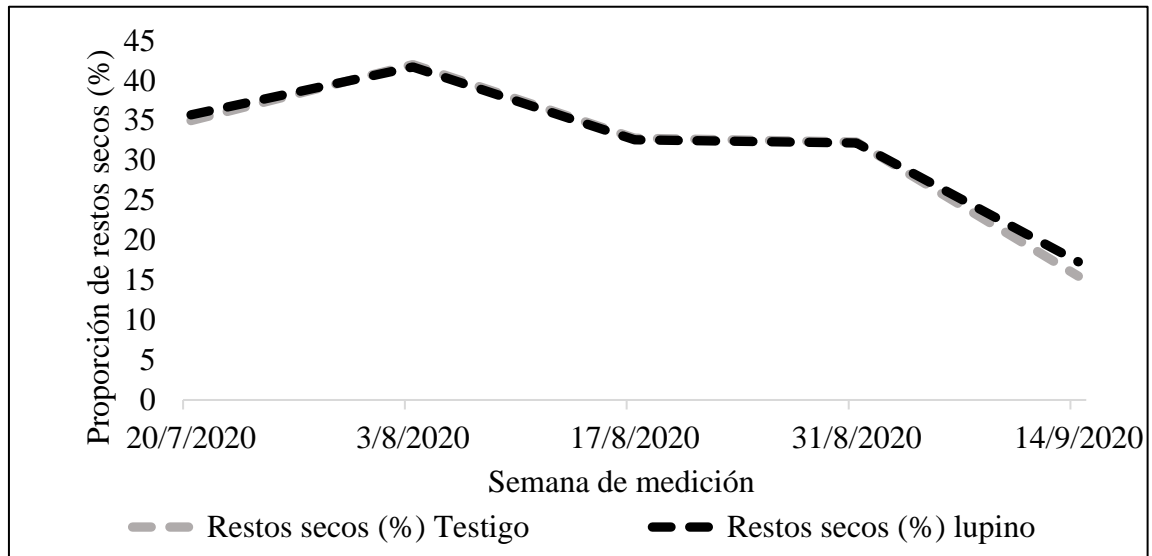


Gráfico No. 5. Evolución de la proporción de restos secos de cada tratamiento, durante las semanas de medición del período experimental

4.2.2. Caracterización química de la pastura

En el Cuadro No. 8 se presentan los valores correspondientes al análisis químico de la pastura, en donde se puede observar que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, para ninguno de los componentes analizados. Por lo tanto, se descartan efectos del suplemento ofrecido en el experimento, sobre las características químicas de la pastura.

Cuadro No. 8. Efecto de la suplementación con lupino a terneros pastoreando campo natural sobre los parámetros de composición química de la pastura seleccionada (hand-clipping), durante el período experimental

Variable	Tratamiento		EE	Probabilidad
	Test.	Supl.		
MS (%)	89.8	91.4	0.56	0.10
FDA (%)	39.2	39.8	0.53	0.51
PC (%)	10.1	10.4	0.15	0.39
DMS (%) ¹	58.3	57.9	0.41	0.51
[EM] (Mcal/kg de MS) ²	2.11	2.09	0.01	0.57

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

Medias ajustadas de las variables expresadas en base seca.

4.3. PERFORMANCE ANIMAL

En el Cuadro No. 9 se presenta un resumen del efecto de tratamiento sobre las variables relacionadas a la performance animal.

Cuadro No. 9. Efecto de la suplementación con lupino sobre las variables relacionadas a la performance animal, para los tratamientos involucrados en el experimento

	Testigo	Lupino	EE	P-valor
Peso vivo inicial (kg)	134.0	136.0	1.41	0.38
Peso vivo final (kg)	143.5	169.5	2.87	0.01
Ganancia media diaria (kg/animal)	0.147	0.616	0.05	<0.01
Respuesta a la supl. (kg/animal/día)	-	0.469	-	-
CMSS (kg/animal/d)	-	1.402	-	-
CMSS (% peso vivo)	-	0.912	-	-
EC del suplemento	-	2.98	-	-

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

4.3.1. Ganancia media diaria y evolución de peso

En la Gráfico No. 6 se puede observar la evolución de peso vivo durante el período experimental de los dos tratamientos. En el caso de los animales suplementados, se ve una tendencia lineal positiva en la evolución de peso vivo, registrándose un mayor peso vivo final para el tratamiento suplementado respecto al Testigo (169.5 vs. 143.5, EE \pm 2.87, P= 0.01). Los primeros 3 registros de peso vivo durante el experimento, no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, sin embargo, con el transcurso del tiempo, hubo una tendencia a que el efecto tratamiento explicara la respuesta observada. Finalmente, las pesadas correspondientes al 31/8 y 14/9, mostraron diferencias significativas (P= 0.02 y P= 0.01 respectivamente). En consecuencia, al finalizar el experimento, los terneros suplementados con lupino fueron significativamente más pesados que los testigos.

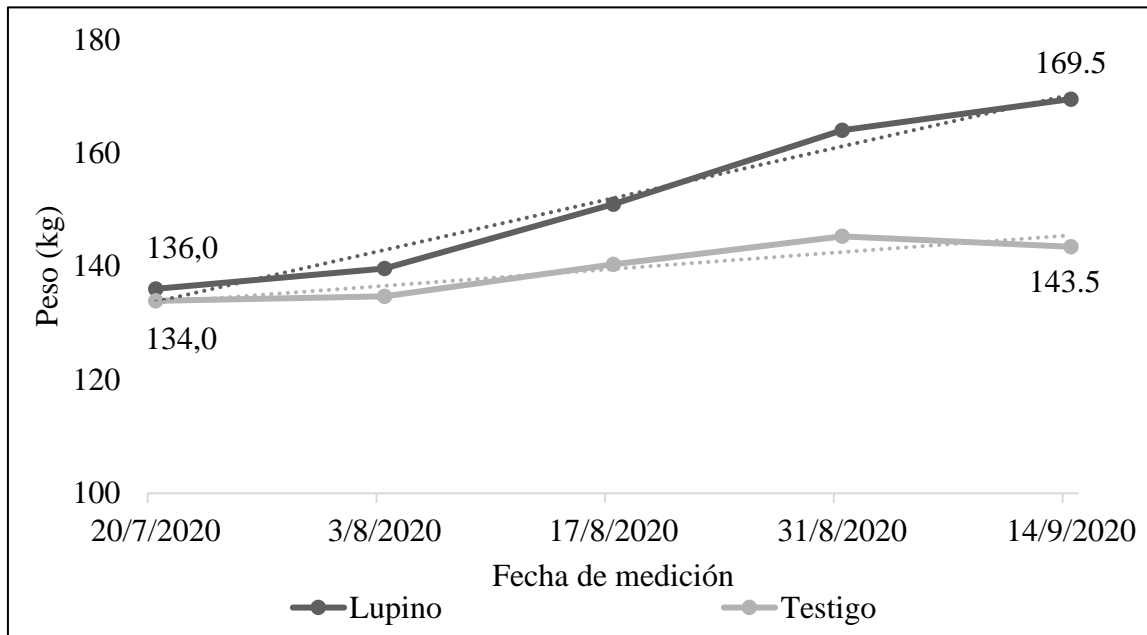
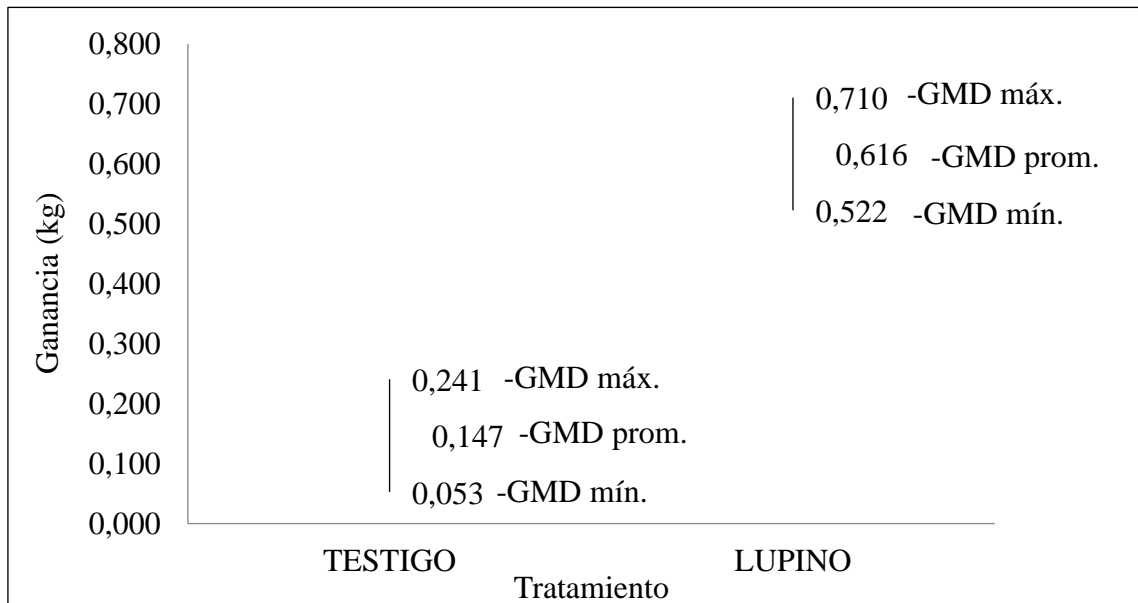


Gráfico No. 6. Evolución de peso vivo de terneros pastoreando campo natural durante el período invernal sin suplemento (Testigo) o suplementados diariamente con grano de lupino a razón del 0.91% del peso vivo (lupino)

En el Gráfico No. 7 se puede observar que el tratamiento suplementado con lupino logró una GMD promedio de 0.616 ± 0.05 kg/día, significativamente superior ($P < 0.01$) a la registrada en el tratamiento Testigo, la cual fue de 0.147 ± 0.05 kg/día. Para el período de suplementación, en el tratamiento lupino la respuesta a la suplementación fue de 0.469 kg/animal/día con respecto al testigo sin suplementar ($P < 0.01$).



GMD máx.= ganancia media diaria máxima, GMD prom.= ganancia media diaria promedio, GMD mín.= ganancia media diaria mínima.

Gráfico No. 7. Ganancia media diaria promedio, máxima y mínima de cada tratamiento del experimento

4.3.2. Consumo de suplemento y eficiencia de conversión

El consumo promedio de suplemento para el período de suplementación fue de 1.402 kg de MS por animal por día lo que equivale 0.912% del PV, inferior al definido para el tratamiento (1.0% del PV).

El consumo de suplemento expresado en kilogramos por animal por día tuvo variación a lo largo del experimento, tantos en los días dentro de la semana (D, P= 0.03) como entre las semanas del período experimental (S, P= 0.04). No se observó efecto significativo de la interacción S×D (P= 0.47). Cuando el consumo de suplemento fue expresado como porcentaje del PV, se manifestaron diferencias estadísticamente significativas solo debidas a los días dentro de la semana (P= 0.02), no encontrándose variación entre semanas del período experimental (P=0.36) ni efecto de la interacción S×D (P= 0.44).

En el Gráfico No. 8 se puede observar la variación del consumo de suplemento en las semanas del período experimental, en donde se destaca una tendencia a aumentar el consumo, conforme aumentó el peso vivo de los animales al avanzar el experimento.

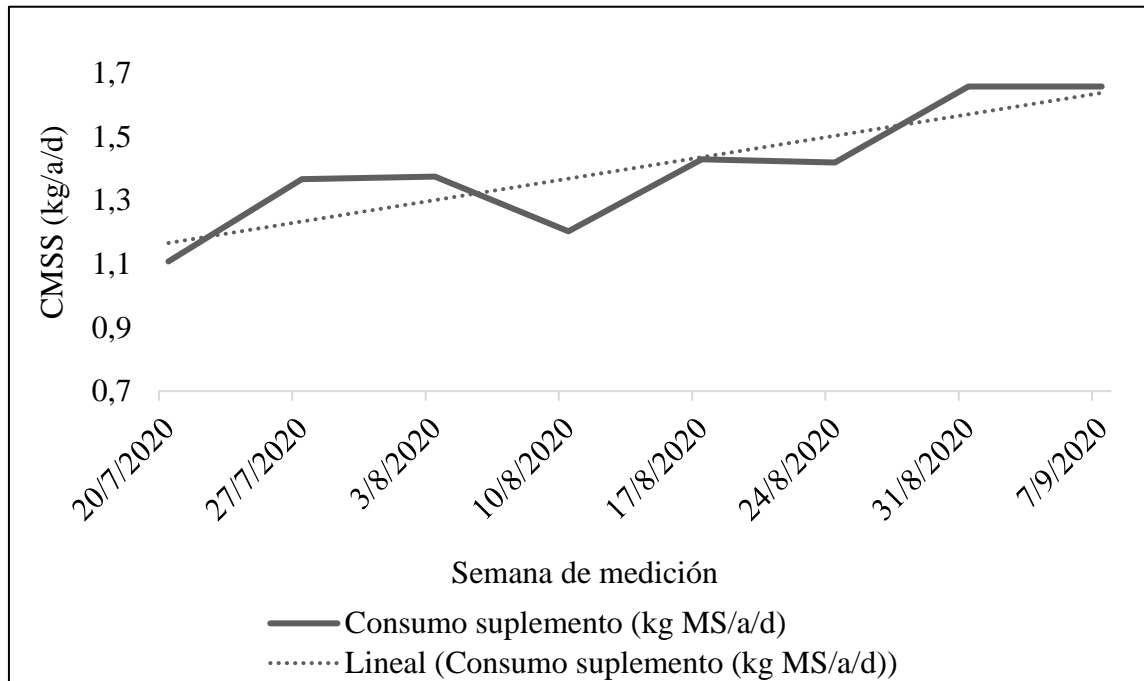
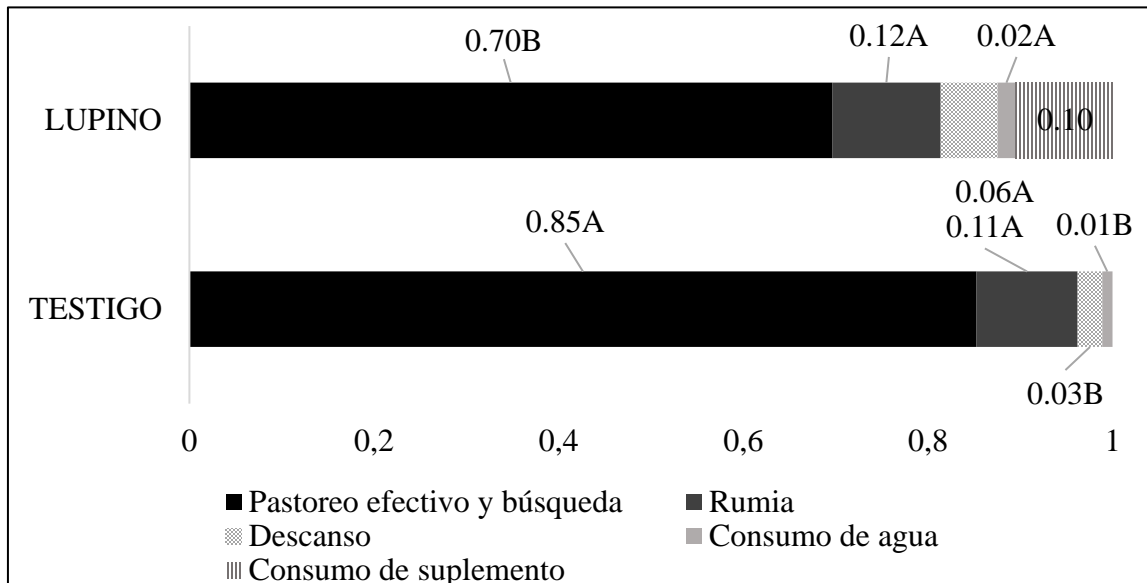


Gráfico No. 8. Consumo de suplemento expresado en kilogramos de materia seca por animal por día, en cada semana dentro del período experimental

Teniendo en cuenta la respuesta a la suplementación y el CMSS, la eficiencia de conversión fue de 2.98 a 1, expresado en kg de MS de grano por kg adicional de peso vivo.

4.4. COMPORTAMIENTO ANIMAL DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL

El comportamiento animal en condiciones de pastoreo se compone por distintas actividades, las que se distribuyen a lo largo del día de forma variable. Este comportamiento fue reportado para ambos tratamientos a partir de la probabilidad de ocurrencia de las diferentes actividades, lo cual se detalla en el siguiente gráfico. Debido a una baja cantidad de registros en relación al pastoreo búsqueda, dicha actividad se adiciona a la de pastoreo efectivo para realizar el análisis estadístico.



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

Gráfico No. 9. Probabilidad de ocurrencia de las distintas actividades durante el período de horas de luz (7:00-19:00), según tratamiento

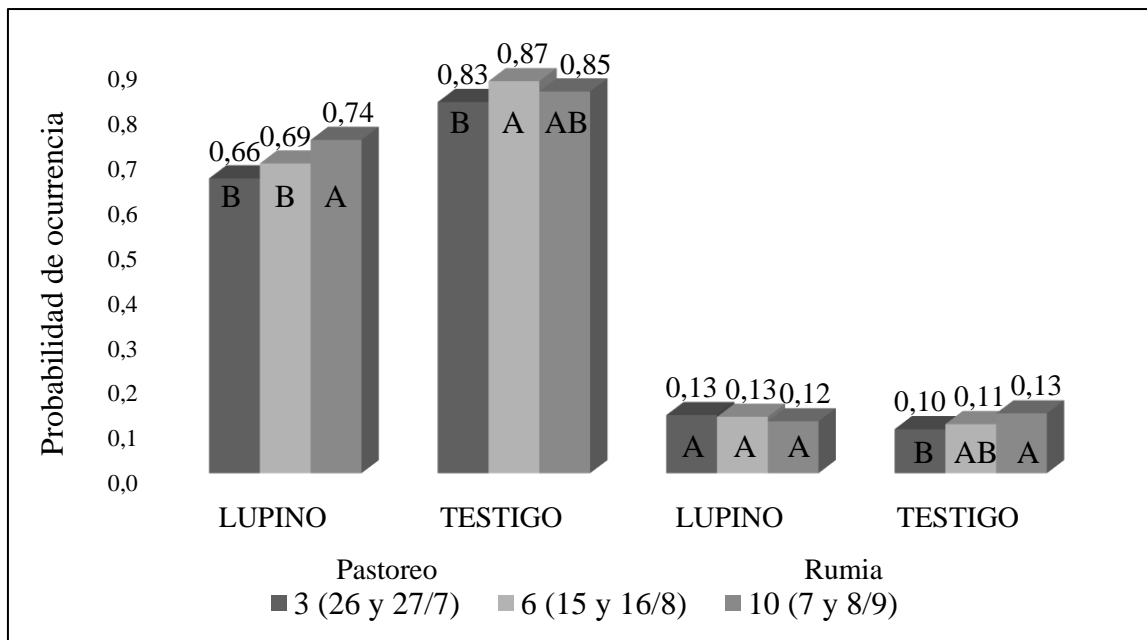
En el Cuadro No. 10 se presenta la significancia del efecto del tratamiento, la semana y la interacción entre ambos, para las variables describiendo el comportamiento animal.

Cuadro No. 10. Nivel de significancia de los efectos analizados para las variables de comportamiento ingestivo

Variable	Efecto		
	T	S	T x S
Pastoreo efectivo y búsqueda	<0.01	<0.01	0.03
Rumia	0.13	0.01	0.02
Descanso	<0.01	<0.01	0.27
Consumo de agua	<0.01	0.01	0.11
Tasa de bocado (mañana)	0.02	<0.01	0.22
Tasa de bocado (tarde)	0.03	<0.01	0.52

T= tratamiento, S= semana, T x S= interacción tratamiento x semana.

La actividad de pastoreo (efectivo y búsqueda) fue diferente significativamente ($P < 0.01$), siendo mayor en los animales no suplementados. Es decir, la probabilidad de encontrar un animal realizando actividad de pastoreo fue mayor en el tratamiento Testigo que en el tratamiento lupino (0.85 vs. 0.70 respectivamente), no obstante, esta respuesta varió con la semana de evaluación ($T \times S, P = 0.03$). En el Gráfico No. 10 se observa cómo al avanzar el período experimental, en el caso del tratamiento Testigo, las primeras dos mediciones presentan diferencias entre sí, aumentando la actividad al avanzar las semanas, pero el último registro de pastoreo no es diferente a las mediciones anteriores. Mientras que, para el tratamiento lupino, las primeras dos mediciones son iguales, y el último registro de esta actividad presenta diferencias, siendo un valor mayor al de las semanas previas.



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

Gráfico No. 10. Probabilidad de ocurrencia de las actividades de pastoreo y rumia para cada tratamiento, en las semanas de evaluación durante el período experimental

A medida que avanzó el período experimental, la probabilidad de encontrar un animal pastoreando aumentó ($S, P < 0.01$, Anexo No. 11).

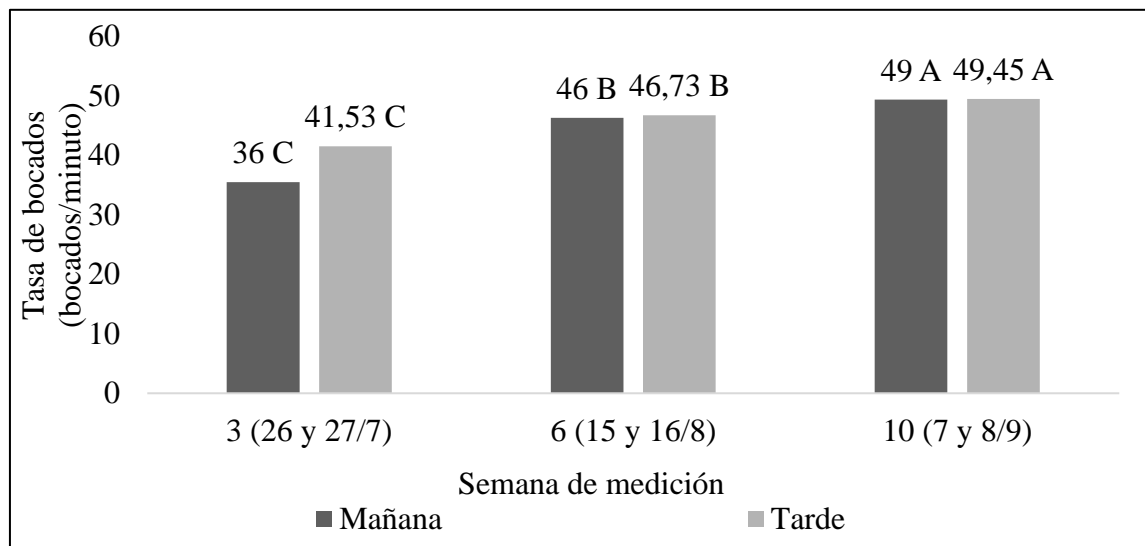
Las observaciones de la variable rumia, parámetro que considera los registros cuando el animal realizaba la actividad parado o echado, no reportan diferencias significativas en el efecto tratamiento, pero sí hubo diferencias al transcurrir las semanas ($P = 0.01$) y en la interacción $T \times S$ ($P = 0.02$). Los animales manifestaron mayor tiempo de rumia hacia el final del experimento (Anexo No. 12). En el efecto de la interacción, solo

se observaron diferencias en el tratamiento Testigo, el cual destinó un mayor tiempo de rumia hacia el final del experimento, mientras que el grupo de animales referentes al tratamiento lupino no presentó diferencias, tal como se puede observar en el Gráfico No. 10.

En relación al descanso, parámetro que considera las observaciones cuando el animal realizaba la actividad parado o echado, la probabilidad de encontrar un animal del tratamiento lupino descansando es mayor que en el tratamiento Testigo (0.06 vs. 0.03 respectivamente). Así mismo, en la medida que avanzó el experimento, dicha actividad presentó una tendencia a disminuir (Anexo No. 13). No se detectaron diferencias en la interacción T×S para esta actividad.

Las observaciones de consumo de agua fueron diferentes entre los tratamientos, habiendo un mayor consumo en el caso de los animales bajo suplementación. También el consumo varió con el transcurso del experimento, siendo menor el consumo de agua al avanzar las semanas de medición (Anexo No. 14). No se detectaron diferencias en esta actividad para la interacción T×S.

La tasa de bocado promedio fue mayor en los terneros testigos con relación a los suplementados (43.5 ± 0.6 vs. 41 ± 0.6 , $P= 0.02$), así como también la registrada en la primera sesión de pastoreo de la mañana (43 ± 0.6 vs. 40 ± 0.6 , $P= 0.02$), y a la tarde (44 ± 0.6 vs. 42 ± 0.6 , $P= 0.03$). También existió un efecto semana ($P<0.01$), donde en la medida que avanzó el experimento, los registros de dicha tasa, tanto de la mañana como de la tarde, fueron en aumento (Gráfico No. 11). No hubo interacción T×S.



A, B, C: medias de cada momento (mañana/tarde) seguidas por distinta letra difieren estadísticamente ($P<0.05$).

Gráfico No. 11. Tasa de bocado de la mañana y la tarde según la semana de medición

5. DISCUSIÓN

5.1. AMBIENTE PRODUCTIVO

Los niveles de precipitaciones totales registrados durante el período experimental se situaron dentro de los valores esperables para la serie histórica, sin embargo, hubo una distribución mensual diferenciada a dicho promedio histórico, donde en los primeros meses involucrados en el experimento, julio y agosto, se registraron niveles de precipitaciones 39% y 14% menores respectivamente. Mientras que, en los restantes 14 días del período experimental, en el mes de setiembre, las precipitaciones ocurridas fueron un 34% superior a los registros históricos.

En relación a las temperaturas medias registradas durante el experimento, las mismas fueron 7% inferiores a la media histórica para 12 días de julio, pero en la totalidad de agosto y 14 días de setiembre, las mismas se situaron 23% y 9% respectivamente, por encima de la media histórica para el mismo período.

Generalmente la ocurrencia de lluvias y bajas temperaturas son variables climáticas que tienen cierto impacto sobre la performance animal durante el período invernal, ya que las mismas afectan directamente a los animales, modificando su comportamiento, metabolismo y uso de la energía consumida (Arias, 2018).

En este caso, posiblemente el efecto año tuvo un feedback positivo sobre el desempeño productivo de los animales, ya que, dado las características climáticas que se detallan anteriormente, hubo un menor porcentaje de lluvias durante los primeros meses experimentales, acompañado por gran parte del período, con temperaturas superiores al promedio.

Haciendo referencia al recurso forrajero, se inicia con una disponibilidad de 1018.2 ± 60.8 kg de MS/ha, con una altura promedio de 4.4 ± 0.2 cm, en la totalidad del área del experimento. Durante el período experimental, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la disponibilidad forrajera, aunque sí se detectaron variaciones en el disponible durante las semanas del experimento. La biomasa aérea se mantuvo a lo largo del período experimental, con una leve tendencia a disminuir en la última semana de medición, únicamente en el área experimental correspondiente al tratamiento Testigo. Berretta (1998b) afirma que las menores tasas de crecimiento diarias para la unidad Itapebí-Tres Árboles son a finales del invierno, en los meses de julio y agosto, y dicha tasa de crecimiento tiene un aumento pronunciado hacia la estación primaveral, consecuencia del aumento de las temperaturas. Teniendo en cuenta que durante el mes de agosto las temperaturas se situaron por encima de la media histórica, es probable que las tasas de crecimiento del forraje hayan sido superiores a las esperadas, y consecuentemente, el forraje disponible no tendió a disminuir con el transcurso del experimento.

En relación a la altura del forraje, la misma no fue diferente entre tratamientos, aunque sí se diferenció entre tratamientos al transcurrir las semanas del experimento, y, en ambos tuvo cierta tendencia a mantenerse. En cuanto a la proporción de restos secos, al avanzar las semanas del experimento fueron en disminución. Ello podría deberse, en parte, a la alta CEP del *Lolium multiflorum* (Anexo No. 7), el cual se encontraba mayoritariamente iniciando la etapa vegetativa hacia el final del experimento.

5.2. PERFORMANCE ANIMAL

5.2.1. Performance de terneros del tratamiento Testigo

Según los datos que surgen de la bibliografía nacional, los animales de recría que se encuentran pastoreando campo natural durante la estación invernal sin acceso a suplementación, registran pérdidas de peso. En este caso, se reportan ganancias medias diarias de 146.6 gramos durante el período experimental. Estas condiciones no son habituales en la zona basáltica del país (Pigurina et al. 1998b, Simeone et al. 2010a).

Los animales del tratamiento Testigo tuvieron una ganancia de peso vivo considerablemente mayor a las reportadas por antecedentes nacionales para terneros pastoreando campo natural durante el invierno, en los cuales se reportan ganancias diarias promedio de -0.250 ± 0.015 kg por animal (Quintans et al. 1993, Pigurina 1994, Quintans 1994d, Quintans y Pigurina 1994a, Quintans y Vaz Martins 1994c, Pigurina y Brito 1996, Campos et al. 2002, Brito et al. 2005, Del Campo et al. 2005, Simeone y Beretta 2006, Pittaluga et al. 2007, Velazco 2009, Blasina et al. 2010, Luzardo et al. 2010a, Luzardo et al. 2012). La mayoría de los trabajos anteriormente citados fueron realizados con cargas en torno a 0.6 UG/ha, valor prácticamente igual al utilizado en el experimento (0.64 UG/ha). Es por ello que las ganancias medias diarias obtenidas en el tratamiento Testigo se pueden definir como superiores a las esperadas.

Pigurina et al. (1998b) señalan que es posible lograr ganancias de peso entorno a los 200 gramos diarios sobre Basalto, realizando un diferimiento de forraje que posibilite una disponibilidad alrededor de 1300 kg MS/ha al comienzo del invierno, con cargas entre 0.8 a 1.25 UG/ha. En el caso de este trabajo, no se realizó un diferimiento previo, pero sí la disponibilidad inicial fue buena, y se mantuvo durante el período, lo que podría estar explicando en parte los resultados obtenidos en el tratamiento Testigo, que están muy cercanos a lo que los autores anteriores señalan como posible en condiciones de campo natural con forraje diferido.

Para poder analizar y comprender los resultados obtenidos en el experimento, el cual difiere de lo esperable en situaciones de pastoreo de campo natural sin suplementación para la recría sobre campo natural de Basalto, es necesario evaluar la interacción de diferentes efectos que estuvieron presentes. En primer lugar, se debe tener en cuenta que las condiciones ambientales, tal como se detallan en este capítulo, se pueden caracterizar como benévolas, ya que las temperaturas estuvieron por encima de la media

histórica en la mayor parte del período experimental, sumado a que en los primeros 2/3 del experimento las precipitaciones ocurridas estuvieron muy por debajo de la media esperada para la serie histórica de INIA Salto Grande.

En segundo lugar, mediante una buena disponibilidad inicial de forraje, en torno a 1000 kg de MS/ha, la cual se mantuvo relativamente constante a lo largo del experimento, sumado a una dotación animal adecuada (0.64 UG/ha), habrían contribuido a evitar la sistemática pérdida de peso invernal, e incluso lograr una ganancia. Probablemente las dos variables mencionadas anteriormente, disponibilidad y dotación, les permitieron a los animales expresar una buena capacidad de selección del forraje, cosechando una dieta adecuada en cantidad y calidad, de buen valor nutritivo. Esto se justifica no solo con los resultados del relevamiento de especies del área experimental, sino con los resultados del análisis químico de la pastura seleccionada, en el que se obtuvieron valores en torno a 58.1% de digestibilidad de la MS, 10.25% de PC y 2.10 Mcal de EM/kg de MS.

En relación al análisis químico ninguno de los parámetros medidos para evaluar la composición química de la pastura difirió entre tratamientos, lo que justifica, entre otros factores, que la composición química de la pastura pudo haber sido causa de las ganancias medias diarias reportadas en los animales sin acceso a suplementación.

El valor estimado de digestibilidad del forraje promedio fue de 58.1%. Asociado a ello, Rovira (1996) demostró que es posible lograr un mantenimiento de peso vivo, cuando la digestibilidad del forraje se encuentra en torno a 50-55%, pero para lograr ganancias de peso, la digestibilidad debe ser cercana a 60%. Así mismo, Montossi et al. (2000) en campo natural de Basalto en invierno reportan 46.6% de FDA. Esto toma relevancia en el sentido que los autores mencionan la existencia de una correlación negativa entre el valor de FDA y el consumo animal, ya que la FDA es la porción menos digestible del forraje. En este trabajo, los valores reportados de este parámetro (39.5%) estaría indicando que la pastura era de buena calidad nutricional, no siendo un factor limitante del consumo.

Adicionalmente, el dato de proteína del forraje seleccionado por los animales fue de 10.25%. Teniendo en cuenta que podría ser un valor sobreestimado del promedio del área experimental, son niveles esperables para campo natural de Basalto en el período invernal, tal como lo reportan los siguientes autores: Bologna (1998) 11%, San Julián et al. (1998) de 8.3 a 8.9%, Montossi et al. (2000) 11.5%, Blasina et al. (2010) 11.3%.

Finalmente, se puede afirmar que el área experimental presentó una buena disponibilidad y calidad durante el transcurso del experimento, siendo el valor alimenticio de la pastura el que podría estar explicando parte de las diferencias encontradas en ganancia de peso del presente trabajo con respecto a otros.

En conclusión, a través de la sumatoria de los efectos detallados, se generó un ambiente de producción propicio, en el cual los animales sin acceso a suplementación no experimentaron las típicas pérdidas de peso invernales.

5.2.2. Performance de terneros del tratamiento lupino

Los animales del tratamiento lupino lograron ganancias medias diarias significativamente superiores respecto al Testigo. Las ganancias de peso promedio reportadas en animales suplementados fueron de 616.3 gramos por animal por día, siendo la respuesta a la suplementación de 469 gramos por animal por día. Por lo tanto, se puede concluir que existió respuesta a la suplementación en el tratamiento lupino, confirmándose la hipótesis originalmente planteada. Dicha respuesta a la suplementación estaría explicada por un aumento en el consumo total de materia seca, de energía y proteína por parte de los animales suplementados respecto a los testigos. Como no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las disponibilidades de forraje promedio entre tratamientos, sería posible que el consumo total de forraje haya sido similar, por lo que el consumo de concentrado explicaría la mayor ingestión de nutrientes de los animales suplementados, y consecuentemente, el mejor desempeño productivo, lo que podría traducirse en un efecto aditivo del suplemento. Sin embargo, debido a que el consumo de forraje no fue una variable cuantificada en el transcurso del experimento, no se pueden hacer aseveraciones con exactitud respecto a dicho consumo.

5.2.2.1. Consumo de suplemento y eficiencia de conversión

El período pre-experimental consistió en un lapso en el cual se registró un consumo errático del suplemento, debido a un proceso de adaptación paulatino al consumo de lupino. Dicho período de adaptación tuvo una duración de 14 días, a partir de los cuales se logró un consumo estable por parte de todos los animales de cada unidad experimental correspondiente al tratamiento lupino.

Luego del período pre-experimental, y durante el transcurso de 56 días del experimento, a pesar de haberse logrado una correcta aceptación del grano, se registraron rechazos de suplemento, los que fueron variables en los días dentro de las semanas del experimento, lo que determinó que el consumo promedio en % del PV no llegara a ser el objetivo planteado. El valor promedio de consumo durante la totalidad del experimento fue de 0.91 kg de MS cada 100 kg de PV. Debido a que el consumo de suplemento no varió con el transcurso de las semanas del experimento, pero sí hubo diferencias dentro de los días de las semanas, podría ser que la variación en los remanentes de suplemento registrados respondiera a un efecto comportamental dentro de cada unidad experimental, consecuencia del típico orden jerárquico que se establece en un grupo de animales que conviven en una misma unidad, donde la actitud del líder influencia la del resto del lote (de Elía, 2002).

Con relación a la eficiencia de conversión reportada, se obtuvieron valores promedio de 2.9 a 1 kg de materia seca por kg de peso vivo adicional. No existen antecedentes nacionales de suplementación de la recría con el grano bajo estudio sobre campo natural. Sin embargo, Bergós y Errandonea (2020) reportan eficiencias de conversión del grano, para terneros pastoreando verdeos de invierno, de 4.6 a 1 kg de materia seca por kg de peso vivo adicional, siendo el consumo de suplemento de 0.94% del PV, con respuesta a la suplementación de 430 gramos. A pesar de que el consumo de lupino haya sido similar entre experimentos, la pastura ofrecida sería una de las causas de los valores diferenciales de eficiencia de conversión reportados.

Así mismo, teniendo en cuenta a los granos de destilería como antecedentes, debido a las similitudes que presentan con el grano de lupino, Castro y Ferrés (2021) señalan que, en la misma categoría estudiada, suministrando al subproducto en autoconsumo sobre campo natural de Basalto en invierno, y con valores de consumo estimado en 2.15% del PV, la eficiencia de conversión del DDGS de sorgo fue de 3.6 kg de suplemento por kg de ganancia adicional respecto al testigo sin suplementar. También Legorburu y Victorica (2019) reportan en terneras suplementadas con DDGS de sorgo en autoconsumo sobre campo natural diferido de Basalto durante el invierno, una eficiencia de conversión de 5.2 a 1 kg de materia seca por kg de peso vivo adicional, con consumos de suplemento de 1.45% del PV. Teniendo en cuenta la eficiencia de conversión obtenida al suplementar a la categoría de recría con grano de lupino, una de las causas de la diferencia en los valores de eficiencia de conversión obtenidos en los experimentos citados anteriormente, más allá de las similitudes que presentan los granos en cuestión, podría ser la diferente degradabilidad de la proteína, lo que en consecuencia modificaría la respuesta animal. Sin embargo, también deben tenerse en cuenta otros aspectos, ya que la respuesta a la suplementación depende de las características del animal, de la pastura y del suplemento, y de la interacción entre estos componentes (Baldi et al. 2008, Brito et al. 2014).

En cuanto al efecto animal, el hecho de trabajar sobre categorías jóvenes permite lograr buenas eficiencias de conversión (Veneciano y Frasinelli, 2014). En relación a la pastura y el suplemento, y su interacción, podría considerarse que la combinación de un forraje que tiene una digestibilidad de 58.1%, requeriría de un suplemento que aporte almidón con una menor degradabilidad efectiva, con el fin de lograr un balance de nutrientes adecuado en el sistema ruminal. Es probable que dicho balance haya sido alcanzado debido a que el lupino tiene despreciables niveles de almidón, y el aporte de energía es a través de carbohidratos no almidonosos. Adicionalmente, causaría una menor perturbación de la digestión de la fibra, lo que suele acompañar a la fermentación del almidón de los cereales. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la proteína del lupino es rápidamente degradada a nivel ruminal (Freer y Dove 1984, Erasmus et al. 1988), y por tal motivo, el grano debería ser acompañado, por ejemplo, en dietas que contengan un alimento que proporcione energía rápidamente disponible, no siendo esta la situación. De todos modos, parecería no ser un factor que tuvo un impacto negativo significativo, ya

que el valor de eficiencia de conversión obtenido se posiciona muy favorablemente en relación a los antecedentes citados anteriormente. Además de un balance nutricional adecuado en relación al aporte diferencial de energía que hace el lupino, pudo haber existido efecto adicional debido a la predominancia de beta-glucanos en el grano, el cual tendría un impacto favorable en la población microbiana del rumen, tal como lo mencionan autores como Hynd et al. (1985). De todos modos, hay otros autores como Van Barneveld (1999) que señala que las respuestas positivas encontradas al suplementar rumiantes con lupino fueron resultado de un aumento en el aporte de nutrientes a la dieta del animal, más que un efecto beneficioso específico del componente lupino. La respuesta a la suplementación podría ser, además, resultado de una partición diferencial de la energía para cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción, favorable en el caso de los terneros suplementados, debido a que los animales sin acceso a suplementación, tal como se detalla en el siguiente punto de este capítulo, destinaron un 16% más del tiempo a la actividad de pastoreo, aumentando así los requerimientos de mantenimiento, y destinando una menor proporción de la energía metabolizable, hacia producción.

5.3. COMPORTAMIENTO INGESTIVO

Las actividades de pastoreo efectivo y búsqueda difirieron entre tratamientos. También hubo diferencias significativas entre la interacción T×S, por lo tanto, no se puede atribuir la variación de dichas actividades únicamente a los tratamientos estudiados. Estas actividades representaron en torno al 85% del tiempo en animales Testigo y en torno al 70% del tiempo en animales del tratamiento lupino, durante el período de observación de comportamiento. Sobre la base de 12 horas de registros y la probabilidad estimada de hallar un animal pastoreando, tanto en forma efectiva como búsqueda en cada tratamiento, los animales Testigo dedicaron más tiempo (608 minutos) que los animales suplementados (495 minutos). Estos resultados son lógicamente esperables, ya que en los terneros Testigo, el forraje era la única fuente de alimento, mientras que los animales suplementados tenían acceso a un concentrado, el cual les permitió cubrir los requerimientos, por lo que restringieron el tiempo dedicado al pastoreo. Campos et al. (2002) obtuvieron datos de tiempo de pastoreo de 444 minutos por animal por día cuando se suplementaron terneras diariamente sobre campo natural al 1% del peso vivo con afrechillo de arroz. En el presente experimento no se llegó a ese nivel de suplementación, lo que podría ser causa del tiempo de pastoreo levemente superior registrado en el tratamiento lupino. Esta respuesta podría ser otra de las causas de las diferencias reportadas en la performance animal entre tratamientos, debido a un mayor gasto energético asociado a un mayor tiempo de caminata y cosecha del forraje, aumentando los requerimientos de mantenimiento de los animales Testigo, y, por ende, menor proporción de la energía destinada a producción.

También existió variación de la actividad en cada tratamiento, conforme con la semana de evaluación (T×S), donde en el tratamiento con acceso a suplemento, aumentó el tiempo dedicado al pastoreo en la última medición correspondiente al 7 y 8/9,

probablemente asociado a una menor asignación de forraje dada por un aumento de peso vivo de los animales y por una disminución de la biomasa aérea, conjuntamente con una menor proporción de restos secos. En el caso del tratamiento Testigo, el tiempo de pastoreo aumentó ya a partir de la segunda medición (15 y 16/8), quizás asociado a una disminución en la proporción de restos secos, lo cual determinó un menor tiempo de retención del forraje en rumen, y, por ende, provocó un mayor tiempo de pastoreo por una menor saciedad.

En cuanto a las actividades de rumia y descanso, estas se dan mayormente sobre el período de la noche (Galli et al., 1996), por lo tanto, es esperable que los resultados obtenidos durante los registros diurnos de comportamiento expresen valores bajos para estas actividades. Teniendo en cuenta lo mencionado, se obtuvieron valores de rumia y descanso de 78, 19, 84 y 44 minutos/día para los tratamientos Testigo y lupino respectivamente. Sin embargo, la actividad de rumia no fue diferente significativamente entre tratamientos, aunque sí lo fue el tiempo dedicado al descanso. Podría esperarse un mayor tiempo de rumia en los animales Testigo, debido a un mayor tiempo dedicado al pastoreo, sin embargo, no fue lo que ocurrió. Quizás dicho resultado haya sido consecuencia del contenido de fibra que presentó el grano de lupino suministrado, por lo que a pesar de que los animales pastorearon menos, los tiempos de rumia fueron iguales a los testigos. En cuanto a la actividad de descanso, ésta sí difirió entre tratamientos, consecuencia de que los animales suplementados accedían a una dieta con mayor concentración de nutrientes. En concordancia con ello, Campos et al. (2002) señalan que la utilización de suplementos en sistemas ganaderos pastoriles modifica el patrón de pastoreo de los animales, viéndose reflejado principalmente en un menor tiempo de pastoreo diario, con un consecuente aumento del tiempo dedicado al descanso, y aseguran que dicho comportamiento no afecta negativamente la ganancia de peso de animales suplementados. También, ambas actividades mencionadas anteriormente variaron con el transcurso del experimento, y solo la rumia tuvo un efecto de la interacción T×S. En el tratamiento con acceso a suplementación, el tiempo dedicado a la rumia fue igual al avanzar el experimento, mientras que en el tratamiento Testigo, el tiempo de rumia de la última medición fue mayor al de la primera.

En relación con el consumo de agua, el mismo fue significativamente mayor en los animales bajo suplementación, los cuales dedicaron el doble de tiempo (14 vs. 8 minutos/día) a dicha actividad. Dicha situación era esperable, ya que, tal como lo mencionan Beretta y Bruni, citados por Lapetina (2010), el consumo de agua está directamente relacionado con el consumo de alimento y el contenido de materia seca del mismo. Además, el consumo de agua varió con las semanas de medición, el cual tendió a disminuir hacia el final del experimento, probablemente debido a un mayor contenido de agua del forraje, asociado a una notoria disminución en la proporción de restos secos.

Haciendo referencia al tratamiento lupino, la actividad de consumo de suplemento representó alrededor de un 10% de las actividades diurnas del animal, lo que se corresponde con aproximadamente 75 minutos diarios dedicados al consumo de

suplemento. Campos et al. (2002) reportaron tiempos de 39 minutos, siendo un valor inferior al reportado en el experimento. Esto posiblemente pueda deberse, en parte, al tipo de procesamiento del concentrado que se suministra, siendo en el caso del trabajo anteriormente citado afrechillo de arroz (molido), y el grano suministrado en el experimento fue solamente quebrado, lo que podría determinar, entre otras cosas, un mayor tiempo de masticación, y, por ende, de consumo de suplemento.

En relación con la tasa de bocado, la misma difirió entre tratamientos, siendo mayor en el caso de los terneros sin acceso a suplementación, y registrándose una mayor diferencia entre tasas de bocado para los dos tratamientos, durante la mañana. Rovira (1996) señala que los dos períodos más importantes en los que el ganado efectúa el pastoreo son la mañana y el atardecer. En el caso de los animales bajo suplementación, el período de pastoreo de las primeras horas de la mañana fue menor, debido al tiempo dedicado al consumo de suplemento.

5.4. CALCULO DE RESULTADO ECONÓMICO

En el Cuadro No. 11 se presenta un análisis de sensibilidad en el cual se puede observar la Ec del suplemento en distintos escenarios de precio del ternero y precio del grano. Dicha Ec se corresponde al valor a partir del cual, la implementación de la tecnología se vuelve viable económicamente.

Los rangos establecidos para el precio del ternero fueron en base a valores semanales de ACG de 4 años, para transacciones de compra-venta de dicha categoría. Para el precio del grano, debido a que aún no hay un mercado establecido para el lupino, se consideró el costo de la tonelada en función de su costo de producción. Dicha información fue brindada por un productor que siembra la leguminosa hace dos años en la zona donde se ubica el experimento, el cual manifestó que los costos de producción son en torno a 350 USD/ha, y que los rendimientos obtenidos han sido de 1400 kg/ha en la zafra 2018 y 2100 kg/ha en la zafra 2019.

Cuadro No. 11. Eficiencias de conversión (Ec) del suplemento en distintos escenarios de precios del ternero y del grano, a partir de los cuales es rentable implementar la tecnología

Precio del grano (USD/t)	Precio del ternero (USD/kg)								
	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
0,13	14,2	14,6	15,4	16,2	16,9	17,7	18,5	19,2	20,1
0,15	12,3	12,7	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,4
0,17	10,8	11,2	11,8	12,4	12,9	13,5	14,1	14,7	15,4
0,19	9,7	10,0	10,5	11,1	11,6	12,1	12,6	13,2	13,7
0,21	8,8	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,4	11,9	12,4
0,23	8,0	8,3	8,7	9,1	9,6	10,0	10,4	10,9	11,3
0,25	7,4	7,6	8,0	8,4	8,8	9,2	9,6	10,0	10,4

Los datos obtenidos a nivel experimental arrojaron una eficiencia de conversión de 2.98:1, por lo que se puede concluir que la suplementación de la recria sobre campo natural, a razón del 0.91% del peso vivo con grano de lupino, es viable económicamente en todos los escenarios probables de precio del ternero y precio del grano presentados.

A continuación, en el Cuadro No. 12 se presenta un detalle económico que contiene el costo del grano de lupino, su eficiencia de conversión, el costo de los kg adicionales producidos, el precio del ternero, el valor de esos kg adicionales producidos, la ganancia adicional por ternero en kg, la carga manejada a nivel experimental y las ganancias adicionales por hectárea (en kg y USD) gracias a la suplementación.

Cuadro No. 12. Resultado económico de la suplementación invernal durante 56 días a terneros pastoreando campo natural con *Lupinus angustifolius*

Precio del lupino (USD/kg)	0.2
EC del suplemento (kg de lupino/kg adicional de PV)	2.98
Costo kg adicional (USD/kg)	0.59
Precio del ternero (USD/kg en pie)	2.15
Margen del kg producido (USD/kg)	1.56
Ganancia adicional (kg/ternero)	26.2
Carga (terneros/ha)	1.76
Ganancia adicional (kg/ha)	45.8
Ganancia adicional (USD/ha)	71.4

El precio del lupino tomado corresponde al promedio obtenido por un productor que cosechó el grano en la zona del experimento. Para el precio del kg de ternero en pie, se tomó como referencia la semana No. 38 de la Asociación de Consignatarios de Ganado, del 14 de setiembre de 2020, momento en que culminó el experimento. No se tuvo en cuenta costos de sanidad, mano de obra y estructura, ya que se consideran como costos que estarían igualmente presentes si no se efectuara la suplementación de los terneros.

El interesante margen económico obtenido por hectárea, es resultado de un bajo valor aritmético de la Ec del suplemento, sumado a un costo del grano que se podría considerar muy competente en relación a las ofertas presentes en el mercado en la actualidad, aun cuando la ganancia adicional en USD/ha está calculada en base a la duración de 56 días del experimento.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a la respuesta lograda, se confirma la hipótesis planteada, en donde se detalla que la suplementación invernal con lupino a terneros de destete manejados sobre campo natural incrementa la ganancia de peso vivo respecto al Testigo sin acceso a suplemento.

La suplementación diaria con grano de lupino quebrado, a terneros pastoreando campo natural sobre Basalto durante el invierno, a razón de 0.91% del peso vivo, mejora la ganancia de peso vivo respecto al testigo sin suplementar. Los animales pertenecientes al tratamiento lupino lograron una ganancia media diaria de 0.616 kg/a, mientras que en los animales correspondientes al tratamiento Testigo la ganancia media diaria fue de 0.147 kg/a. La respuesta a la suplementación fue de 0.469 kg/a/d respecto al testigo sin suplementar, logrando una eficiencia de conversión de 2.98 a 1 kg de materia seca de suplemento por kg de peso vivo adicional.

Dicha respuesta a la suplementación podría estar explicada por un cambio en las características nutricionales de la dieta, que se traduce en una mejora en la performance de los animales suplementados. Ello sería consecuencia de una mayor ingestión de nutrientes por parte de los animales con acceso al suplemento, debido a un mayor consumo total de materia seca, de energía y proteína. Además, se genera un cambio en el comportamiento ingestivo, favorable hacia los animales con acceso a suplementación debido a un menor tiempo de pastoreo, lo que consecuentemente determina una reducción de los requerimientos de mantenimiento, destinándose mayor proporción de la energía metabolizable hacia producción.

7. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta a la suplementación diaria con lupino durante el invierno, en terneros Hereford destetados convencionalmente y pastoreando campo natural. Dicha respuesta se evaluó en términos de ganancia de peso vivo y peso a la salida del invierno, y eficiencia de utilización del suplemento. Adicionalmente, como variables interpretativas se caracterizó el efecto de la suplementación con este grano sobre la utilización del forraje y el comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo. El experimento se llevó a cabo en un establecimiento comercial, ubicado en la localidad El Tropiezo, al Este del departamento de Salto (coordenadas geográficas 31°27'49.60" de latitud Sur y 57°48'53.10" de longitud Oeste). El área experimental fue de 13.6 hectáreas, la cual se subdividió en 6 parcelas de 2.27 hectáreas. El trabajo experimental tuvo una duración de 56 días, desde el 20 de julio hasta el 14 de setiembre de 2020, siendo los 14 días previos a su comienzo, considerados como un período de acostumbamiento a la dieta (desde el 6 al 14 de julio). Se utilizaron 24 terneros con un peso vivo inicial de 135 ± 1 kg, los que se dividieron al azar en lotes de 4 animales. El diseño experimental seleccionado fue de parcelas al azar, en donde cada lote fue asignado aleatoriamente en un total de 6 unidades experimentales, correspondientes a dos tratamientos, uno denominado Testigo, en donde se encontraban animales que tenían como única fuente de alimento al campo natural, y un tratamiento denominado lupino, en donde se encontraban animales que además de pastorear campo natural, tenían acceso a grano de lupino quebrado, el cual era suministrado diariamente a razón de 0.91 kg de MS/100 kg de peso vivo. Cada tratamiento se constituyó por 3 repeticiones reales, representadas por 3 parcelas de pastoreo independientes, cada una de las cuales fue pastoreada por 4 terneros en forma continua, con una carga fija de 1.76 terneros por hectárea, equivalente a 237.6 kg de peso vivo por hectárea al inicio del experimento. Las ganancias medias diarias de peso vivo obtenidas en los tratamientos Testigo y lupino fueron de 0.147 kg/día y 0.616 kg/d respectivamente, lográndose una Ec del suplemento de 2.98:1.

Palabras clave: Lupino; Suplementación diaria; Invierno; Terneros; Campo natural; Ganancia media diaria; Eficiencia de utilización del suplemento.

8. SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the response from weaned Hereford calves to daily supplementation of lupin during the winter grazing natural pastures. This response was evaluated in terms of live weight gain and weight at the end of winter, and efficiency of utilization of the supplement. Additionally, as interpretative variables, the effect of supplementation with this grain on forage utilization and ingestive behavior of grazing animals was characterized. The experiment was carried out in a commercial establishment, located in El Tropiezo, in the east of the department of Salto (geographic coordinates 31°27'49.60" South latitude and 57°48'53.10" West longitude). The experimental area had 13.6 hectares, which was divided into 6 plots of 2.27 hectares. The experimental phase was carried out on a length of fifty-six days, from the 20th. of July to the 14th. of September of 2020, being the previous 14 days part of a period of adaptation to the diet (from 6th. to the 14th. of July). Twenty-four calves whose weight was around the 135 kg were used for the experiment, being divided randomly in groups of four animals. The experimental design considered random plots, where in each of them was assigned by chance in a total of six experimental units belonging to two different treatments. One of them was called "witness", where animals had natural field as their only food source, and the other one was called "lupin", where animals apart from natural field, had access to another supplement provided daily in a quantity of the 0.91 kg of dry matter per 100 kg of live weight. Each treatment was constituted by three real repetitions, represented by three independent shepherding plots, which were herded in a constant way by four calves with a fixed load of 1.76 calves per hectare, equivalent to 237.6 kg of live weight per hectare at the beginning of the experiment. The average weight gain obtained per day along the treatment called "witness" was of 0.147 kg, while along the treatment called "lupin" was of 0.616kg, achieving a supplement conversion efficiency of 2.98:1.

Key words: Lupin; Daily supplementation; Winter; Calves; Nature field; Average weight gain; Supplement utilization efficiency.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Abraham, E. M.; Ganopoulos, I.; Madesis, P.; Mavromatis, A.; Mylona, P.; Nianiou-Obeidat, I.; Parissi, Z.; Polidoros, A.; Tani, E.; Vlachostergios, D. 2019. The use of lupin as source of protein in animal feeding: genomic tools and breeding approaches. (en línea). International Journal of Molecular Sciences. 20(4):851-878. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6413129/>
2. Agnieszka, S.; Kotlarz, A.; Strobel, W. 2005. Compositional and nutritional evaluation of several lupin seeds. (en línea). Food Chemistry. 98(4):711-719. Consultado 18 ene. 2021. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881460500573X?via%3Dihub>
3. Allison, C. D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. (en línea). Journal of Range Management. 38(3):305-311. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://repository.arizona.edu/handle/10150/645491>.
4. ALUR (Alcoholes del Uruguay, UY). 2020. Alimento animal. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 2 mar. 2021. Disponible en <http://www.alur.com.uy/productos/movil/index.php>
5. AOAC (Association of Analytical Communities, US). 2012. Official methods of analysis. (en línea). 19th. ed. Washington, D. C. 700 p. Consultado 10 mar. 2021. Disponible en https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=30451
6. Arias, R. 2018. Ganado bovino: cómo enfrentar adecuadamente el invierno. (en línea). Engormix.com. s.p. Consultado 5 mar. 2021. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/ganado-bovino-como-enfrentar-t42471.htm>
7. Aroztegui, F.; Olivera, A. 2012. Factores que afectan la respuesta a 6 días de suplementación con lupino en ovejas Merino. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 84 p. Consultado 2 may. 2021. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/9786/1/3932aro.pdf>
8. Arroquy, J.; Berruhet, F.; Brunetti, M.; Martínez Ferrer, J.; Pasinato, A. 2014. Uso de subproductos del destilado de granos en bovinos para carne. In: Jornada Nacional de Forrajes Conservados (1^a, 2014, Manfredi). Recopilación de presentaciones técnicas. Córdoba, INTA. pp. 1-59.

9. Baldi, F.; Mieres, J.; Banchemo, G. 2008. Suplementación en invernada intensiva: la suplementación sigue siendo una alternativa económicamente viable. In: Jornada de Producción Animal (2008, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 39-52 (Actividades de Difusión no. 532).

10. _____; Banchemo, G.; La Manna, A.; Fernández, E.; Pérez, E. 2010. Efecto del manejo nutricional pos-destete y durante el período de terminación sobre las características de crecimiento y eficiencia de conversión en sistemas de recría y engorde intensivo. (en línea). In: Jornada de Invernada Intensiva (2010, La Estanzuela, Colonia). Producción de carne desde una invernada de precisión. Montevideo, INIA. pp. 1-13 (Actividades de Difusión no. 609). Consultado 28 abr. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/consulta/busca?b=pc&id=26020&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22Baldi,%20F.Banchemo,%20G.La%20Manna,%20A.Fern%C3%A1ndez,%20E.P%C3%A9rez,%20E.%22&qFacets=autoria:%22Baldi,%20F.Banchemo,%20G.La%20Manna,%20A.Fern%C3%A1ndez,%20E.P%C3%A9rez,%20E.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>

11. Baldwin, R. L. 1984. Digestion and metabolism of ruminants. (en línea). BioScience. 34(4):244-248. Consultado 12 feb. 2021. Disponible en <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/34/4/244/222772>

12. Bavera, G.; Bocco, O.; Beguet, H.; Petryna, A. 2005. Crecimiento, desarrollo y precocidad. (en línea). Córdoba, Sitio Argentino de Producción Animal. 5 p. Consultado 15 feb. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/exterio/11-crecimiento_y_desarrollo_compensatorios.pdf

13. Belyea, R. L.; Eckhoff, S.; Wallig, M.; Tumbleson, M. 1998. Variability in the nutritional quality of distillers solubles. (en línea). Bioresource Technology. 66:207-212. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852498000625>

14. Beretta, V.; Simeone, A. 2005. Manejo nutricional del ganado de carne. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (7^a., 2005, Paysandú, Uruguay). Suplementación y engorde a corral: cómo y cuándo integrarlos en el sistema ganadero. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 11-12.

15. _____.; _____. 2008. Autoconsumo en la alimentación de terneros. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10^a., 2008, Paysandú, Uruguay). Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 35-37.
16. _____.; _____.; Algorta, B.; López, I.; Irulegui, G. 2015. “Cruzando los puentes verdes” en sistemas agrícolas-ganaderos: combinando el uso de avena, la recría de terneros y el sistema de autoconsumo. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (17^a., 2015, Paysandú, Uruguay). Tecnología, precio y resultado económico en el negocio ganadero: ese difícil equilibrio. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 45-53.
17. _____.; _____.; Arduin, E.; Rebollo, C.; Purtscher, S. 2017. Evaluación del DDGS de sorgo para la suplementación estival en pastoreo de terneros destetados precozmente: impacto sobre el costo de alimentación. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (19^a., 2017, Paysandú, Uruguay). Hablan los protagonistas: productores, industriales e investigadores. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 28-25.
18. Bergós, A. I.; Errandonea, J. C. 2020. Alternativas de suplementación en terneras de recría pastoreando verdeos de invierno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
19. Berretta, E. J. 1990. Técnicas para evaluar la dinámica de pasturas naturales en pastoreo. In: Reunião do Grupo Técnico Regional do Cone Sul em Melhoramento e Utilização dos Recursos Forrageiros das Areas Tropical e Subtropical, Grupo Campos (11^a., 1989, Lages, Brasil). Trabalhos apresentados. Lages, Brasil, s.e. pp. 129-147.
20. _____. 1994. Principales características de las vegetaciones de los campos de Basalto. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a., 1994, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-20 (Serie Técnica no. 94).
21. _____.; Pittaluga, O.; Brito, G.; Pigurina, G.; Risso, D. 1996. Recría de reemplazos en Basalto. In: Jornada sobre Producción Ganadera en Basalto (1996, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. cap. 9, pp. 1-8 (Actividades de Difusión no. 108).

22. _____. 1998a. Principales características climáticas y edáficas de la región de Basalto en Uruguay. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 3-10 (Serie Técnica no. 102).
23. _____. 1998b. Producción de comunidades nativas sobre suelos de Basalto de la unidad Itapebí-Tres árboles con diferente frecuencia de corte. In: Seminario de Actualización en Tecnología para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 21-31 (Serie Técnica no. 102).
24. _____.; Bemhaja, M. 1998c. Producción estacional de comunidades naturales sobre suelos de Basalto de la unidad Queguay Chico. In: Seminario de Actualización en Tecnología para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-20 (Serie Técnica no. 102).
25. _____.; Montossi, F.; Brito, G. 2014. Introducción. In: Berretta, E. J.; Montossi, F.; Brito, G. eds. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Montevideo, INIA. s.p. (Serie Técnica no. 217).
26. Blagrove, R. J.; Gillespie, J. M. 1975. Isolation, purification and characterization of the seed globulins of *Lupinus angustifolius*. (en línea). Australian Journal of Physiology. 2(1):13-17. Consultado 25 ene. 2021. Disponible en <https://www.publish.csiro.au/fp/PP9750013>
27. Blasina, M.; Piñeyrúa, A.; Renau, M. 2010. Evaluación del sistema de autoconsumo para la suplementación invernal de terneras sobre pasturas naturales. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 105 p.
28. Brito, G.; Del Campo, M.; Pittaluga, O.; Soares de Lima, J. M. 2005. Una mejor recría para una mayor eficiencia en la producción de carne. (en línea). Revista INIA. no. 3:8-11. Consultado 6 mar. 2021. Disponible en <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/revista/2005/106.pdf>
29. _____.; Fiol, C. 2006. Manejo de la recría vacuna en areniscas. In: Bemhaja, M.; Pittaluga, O. eds. 30 años de investigación en suelos de areniscas. Montevideo, INIA. pp. 121-133 (Serie Técnica no. 159).
30. _____.; Lagomarsino, X.; Luzardo, S.; Montossi, F.; La Manna, A. 2014. Tecnologías para la intensificación de la recría bovina en el Basalto - uso estratégico de suplementación sobre campo natural y pasturas mejoradas. In: Berretta, E. J.; Montossi, F.; Brito, G. eds. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Montevideo, INIA. pp. 71-91 (Serie Técnica no. 217).

31. Broderick, G. A.; Wallace, R. J.; Ørskov, E. R. 1991. Control of rate and extent of protein degradation. (en línea). In: International Symposium on Ruminant Physiology (7th., 1989, Sendai, Japón). Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants: proceedings. s.l., Academic Press. pp. 541-592. Consultado 28 ene. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-702290-1.50030-8>
32. Bruni, M.; Trujillo, A. I.; Facchín, L.; Saragó, L.; Chilibroste, P. 2014. Evaluación nutricional para rumiantes de la burlanda de sorgo húmeda obtenida de la producción de etanol de ALUR Paysandú. Cangüé. no. 35:28-38.
33. Bodine, T. N.; Purvis, H. T. 2003. Effects of supplemental energy and/or degradable intake protein on performance, grazing behavior, intake, digestibility, and fecal and blood indices by beef steers graze on dormant native tallgrass prairie. (en línea). Journal of Animal Science. 81(1):304-317. Consultado 12 feb. 2021. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12597402/>
34. Bologna, J. 1998. Los recursos naturales de la región de Basalto superficial: limitantes y oportunidades. In: Foro sobre Basalto Superficial (1997, Artigas). Trabajos presentados. Montevideo, Plan Agropecuario. pp. 10-42.
35. Campos, F.; Terra, G.; Santamarina, I.; Pigurina, G. 2002. Comparación entre afrechillo de arroz y una formulación comercial como suplementos para terneras de destete pastoreando campo natural durante el invierno. In: Jornada Anual de Producción Animal (2002, Treinta y Tres). Resultados experimentales. Montevideo, INIA. pp. 41-55 (Actividades de Difusión no. 294).
36. Cangiano, C. A. 1996. Las pasturas como fuente de alimentación de rumiantes. (en línea). In: Cangiano, C. A. ed. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. pp. 27-39. Consultado 24 feb. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/consulta/busca?b=ad&id=35377&biblioteca=va&zio&busca=autoria:%22Cangiano,%20C.A.%22&qFacets=autoria:%22Cangiano,%20C.A.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>
37. Carámbula, M. 1997. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
38. Castro, G.; Ferrés, J. M. 2021. Suplementación invernal con fuentes energética-proteicas en régimen de autoconsumo a terneros de destete pastoreando campo natural sobre Basalto profundo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 114 p.

39. Cazzuli, F.; Montossi, F. 2017. Antecedentes de investigación en auto-suministro y suplementación sobre campo natural. *In*: Montossi, F. ed. Sistemas de suplementación mediante auto-suministro para la mejora de la recría invernal de terneros sobre campo natural en el Norte del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 5-17 (Serie Técnica no. 234).
40. Cervantes, M.; Monroy, A.; Avery, R. 1997. Flujo y digestión de nutrientes en vaquillas Holstein alimentadas con dietas a base de urea o harinolina como fuentes principales de proteína cruda. (en línea). *Agrociencia*. 31(2):247-252. Consultado 21 feb. 2021. Disponible en <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1486>
41. Cheeke, P. R.; Kelly, J. D. 1989. Metabolism, toxicity and nutritional implications of quinolizidine (lupin) alkaloids. (en línea). *In*: Huisman, J.; van der Poel, A. F. B.; Leiner, I. E. eds. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. Wageningen, The Netherlands, Pudoc Wageningen. pp. 189-201. Consultado 24 feb. 2021. Disponible en <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/313366#page=193>
42. Cibils, R.; Vaz Martins, D.; Risso, D. 1997. ¿Qué es suplementar? *In*: Vaz Martins, D. ed. Suplementación estratégica para el engorde de ganado. Montevideo, INIA. pp. 7-10 (Serie Técnica no. 83).
43. _____.; Fernández, E.; Acosta, Y. 2002. Suplementación estratégica de la recría vacuna. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. 5 p. Consultado 27 feb. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/40-suplementacion_estrategica_de_la_recria_vacuna.pdf
44. Coates, D. B.; Penning, P. 2000. Measuring animal performance. *In*: L't Mannelje; Jones, R. M. eds. Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Wallingford, CABI. pp. 353-402.
45. Cozzolino, D. 1994. Valor nutritivo de alimentos utilizados en la suplementación. *In*: Jornada Técnica sobre Bovinos de Carne (1994, Treinta y Tres). Bovinos para carne: avances en suplementación de la recría e internada intensiva. Montevideo, INIA. pp. 3-1-3-5 (Actividades de Difusión no. 34)
46. De Elía, M. 2002. Etiología y comportamiento del bovino. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. 4 p. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://www.produccion-animal.com.ar>

47. Del Campo, M.; Soares de Lima, J. M.; Brito, G. 2005. Suplementación de terneros en el primer y segundo invierno. Efecto en el crecimiento de tejidos y en el comportamiento reproductivo. *In*: Día de Campo sobre Cría Vacuna en Suelos Arenosos (2005, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 24-28 (Actividades de Difusión no. 403).
48. Depetris, G. 2005. Alternativas en los sistemas de invernada tendientes a superar momentos de sequía. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. 1 p. Consultado 9 feb. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/inundacion/17-alternativas_en_invernada_momentos_sequia.pdf
49. Díaz Royón, F; García, A. 2013. Composición nutritiva de los granos de destilería obtenidos de diversos cereales. *Albéitar*. no. 168:52-54.
50. Di Marco, O. N. 2004. Fisiología del crecimiento de vacunos. (en línea). Mar del Plata, Sitio Argentino de Producción Animal. 8 p. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/16-fisiologia_del_crecimiento.pdf
51. _____. 2006. Eficiencia de utilización del alimento en rumiantes (en línea). *Revista Visión Rural*. 13(61):1-4. Consultado 16 feb. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/89-eficiencia_utilizacion_alimento.pdf
52. _____. 2007. Conceptos de crecimiento de vacunos aplicados a la producción de carne. (en línea). Mar del Plata, Sitio Argentino de Producción Animal. 3 p. Consultado 3 feb. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/85-crecimiento_produccion.pdf
53. _____. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. (en línea). Mar del Plata, Sitio Argentino de Producción Animal. 3 p. Consultado 10 jul. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf

54. Dixon, R. M.; Hosking, B. J. 1992. Nutritional value of grain legumes for ruminants. (en línea). *Nutrition Research Reviews*. 5(1):19. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/journals/nutrition-research-reviews/article/nutritional-value-of-grain-legumes-for-ruminants/1213C1BB6E3CC83D448AD98B0CFC1E16>
55. _____.; Stockdale C. R. 1999. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. (en línea). *Crop and Pasture Science*. 50(5):757-774. Consultado 12 feb. 2021. Disponible en <https://www.publish.csiro.au/cp/ar98165>
56. Echeverría, J.; Rovira, P.; Montossi, F. 2014. Manejo de la alimentación invernal de la cría bovina sobre campo natural. *Revista INIA*. no. 37:14-18.
57. Elizalde, J. C.; Menchón, P. A.; Parra, V. F.; Montiel, M. D.; Eyherabide, G. 2005. Consumo y digestión de dietas basadas en granos de maíz flint o dentados ofrecidos enteros o molidos en vacunos. *Revista Argentina de Producción Animal*. 25(1):33-35.
58. Erasmus, L. J.; Prinsloo, J.; Meissner, H. H. 1988. The establishment of a protein degradability data base for dairy cattle using the nylon bag technique. (en línea). *South African Journal of Animal Science*. 18:23-29. Consultado 25 ene. 2021. Disponible <https://www.semanticscholar.org/paper/The-establishment-of-a-protein-degradability-data-Erasmus-Prinsloo/573872624e75613973b21246f11483e683982156>
59. Erickson, J. P. 1985. Lupins show potential as protein source for livestock. *Feedstuffs*. 57(5):22-24.
60. Fan, X. H., Tang, C.; Rengel, Z. 2002. Nitrate uptake, nitrate reductase distribution and their relation to proton release in five modulated grain legumes. (en línea). *Annals of Botany*. 90(3):315-323. Consultado 22 ene. 2021. Disponible en <https://academic.oup.com/aob/article/90/3/315/182424>
61. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2019. Área cosechada y rendimiento mundial del lupino. (en línea). Roma. s.p. Consultado 23 abr. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
62. FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, ES). 2018. Tablas FEDNA 2010-2018. (en línea). Madrid. p. irr. Consultado 20 abr. 2021. Disponible en <http://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo>

63. Fernández, E.; Cibils, R. 1997. Aspectos económicos de la suplementación estratégica. In: Vaz Martins, D. ed. Suplementación estratégica para el engorde de ganado. Montevideo, INIA. pp. 23-36 (Serie Técnica no. 83).
64. Fernández Mayer, A. 1998. Fisiología de la producción de carne. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. 20 p. Consultado 22 dic. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/32-fisiologia_de_la_produccion_de-carne.pdf
65. Freer, M.; Dove, H. 1984. Rumen degradation of protein in sunflower meal, rapeseed meal and lupin seed placed in nylon bags. (en línea). Animal Feed Science and Technology. 11(2):87-101. Consultado 25 ene. 2021. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377840184900142>
66. Forbes, J. M. 1995. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. (en línea). Wallingford, CABI. 453 p. Consultado 18 feb. 2021. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Voluntary-food-intake-and-diet-selection-in-farm-Forbes/ed442818a3d2f82bbfabda5005cf33e641039eb5>
67. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. Revista Argentina de Producción Animal. 16(2):119-142.
68. Gayo Ortiz, J. 2007. Los subproductos del arroz en la alimentación del ganado. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 123:30-31. Consultado 25 set. 2021. Disponible en https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R123/R123_30.pdf
69. Geay, Y. 1984. Energy and protein utilization in growing cattle. (en línea). Journal of Animal Science. 58(3):766-778. Consultado 8 mar. 2021. Disponible en <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/58/3/766/4658210?redirectedFrom=fulltext>
70. Godfrey, N. W.; Mercy, A. R.; Emms, Y.; Payne, H. G. 1995. Tolerance of growing pigs to lupin alkaloids. Australian Journal of Experimental Agriculture. 25(4):791-795.
71. Guillaume, B.; Otterby, D. E.; Linn, J. G.; Stern, M. D.; Johnson, D. G. 1987. Comparison of sweet white lupin seeds with soybean meal as a protein supplement for lactating dairy cows. (en línea). Journal of Dairy Science. 70(11):2339-2348. Consultado 29 ene. 2021. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3693636/>

72. Hess, B. W.; Moss, G. E.; Rule, D. C. 2008. A decade of developments in the area of supplementation research with beef cattle and sheep. (en línea). *Journal of Animal Science*. 86(14):188-204. Consultado 2 may. 2021. Disponible en https://academic.oup.com/jas/article-abstract/86/suppl_14/E188/4789962
73. Haydock K. P.; Shaw N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. (en línea). *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 15(76):663-670. Consultado 25 feb. 2021. Disponible en <https://www.publish.csiro.au/an/EA9750663C>
74. Hodgson, J. 1990. *Grazing management: science into practice*. (en línea). London, Longman. 203 p. Consultado 21 feb. 2021. Disponible en <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19910746306>
75. Honeycutt, C. W. 1998. Crop rotation impacts on potato protein. (en línea). *Plant Foods for Human Nutrition*. 52(4):279-291. Consultado 22 ene. 2021. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10426115/>
76. Hynd, P. I.; Valentine, S. C.; Bartsch, B. D. 1985. Rumen protozoa numbers in dairy cows fed barley or lupins. (en línea). *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 10:147. Consultado 25 feb. 2021. Disponible en <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AU8604181>
77. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agro-clima y Sistemas de Información, UY). s.f. Banco datos agroclimático. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 15 mar. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico/>
78. Jacobsen, S.; Mujica, A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. (en línea). In: Moraes, M.; Øllgaard, R. B.; Kvist, L. P.; Borchsenius, F.; Balslev, H. eds. *Botánica económica de los Andes Centrales*. La Paz, Universidad Mayor de San Andrés. pp. 458-482. Consultado 23 ene. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/228615835_El_Tarwi_Lupinus_mutabilis_Sweet_y_sus_pariantes_silvestres
79. Kalscheur, K. F.; García, A. D. 2004. Use of by-products in growing dairy heifer diets. (en línea). South Dakota State University. SDSU Extension Extra Archives no. 128. 4 p. Consultado 25 feb. 2021. Disponible en https://openprairie.sdstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1127&context=extension_extra

80. Kenney, P. A. 1986. Productivity of early-weaned lambs fed high-grain diets of wheat, oats or barley with or without lupin grain. (en línea). Australian Journal of Experimental Agriculture. 26(3):279-284. Consultado 25 feb. 2021. Disponible en <https://www.publish.csiro.au/an/ea9860279>
81. Klopfenstein, T. 1996. Need for escape protein by grazing cattle. (en línea). Animal Feed Science and Technology. 60(3-4):191-199. Consultado 7 mar. 2021. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377840196009777>
82. Knudsen, K. E. B. 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. (en línea). Animal Feed Science and Technology. 67(4):319-338. Consultado 24 ene. 2021. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840197000096>
83. Lagomarsino, X.; Luzardo, S.; Montossi, F. 2014a. ¿Cómo producir terneros con más de 300 kg con edades menores a los 15 meses en sistemas ganaderos de Basalto? Efecto de la suplementación infrecuente en la recría invernal de terneros Hereford en Basalto. *In*: Seminario de Actualización Técnica sobre Estrategias de Intensificación Ganadera (2014, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33-38 (Actividades de Difusión no. 734).
84. _____; Brito, G. 2014b. Efecto de la suplementación con subproductos industriales sobre campo natural de Basalto en la recría de novillos de sobreaño y su posterior terminación. *In*: Berretta, E. J.; Montossi, F.; Brito, G. eds. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Montevideo, INIA. pp. 169-182 (Serie Técnica no. 217).
85. Landers, K. F. 1991. Lupin production and research in south-eastern Australia. (en línea). NSW Agriculture. no. 44:14-16. Consultado 20 ene. 2021. Disponible en <https://catalogue.nla.gov.au/Record/2921495>
86. Lange, A. A. 1980. Suplementación de pasturas para la producción de carnes. 2ª. ed. Buenos Aires, Comisión Técnica INTERCREA. 72 p.
87. Lapetina, J. 2010. El agua y la ganadería. Montevideo, Hemisferio Sur. 121 p.
88. Legorburu, G.; Victorica, M. V. 2019. Evaluación de bloques energético-proteicos como suplemento para terneros pastoreando campo natural en invierno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 150 p.

89. Linn, J. G.; Akayezu, J. M.; Harty, S. R.; Cassady, J. M. 1998. Use of distillers grains and co-products in ruminant diets. (en línea). In: Minnesota Nutrition Conference (59th, 1998, Bloomington, MN). Proceedings. Minnesota, Cargill Animal Nutrition Center. pp. 1-11. Consultado 13 feb. 2021. Disponible en https://agris.fao.org/agris-search/search.do;jsessionid=041E07E078BA6EF90567ACDA4C752ACF?request_locale=fr&recordID=US1999003149&query=&sourceQuery=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=¢erString=&enableField=
90. Loureiro, J.; Sánchez, L. 2019. Texto Explicativo de la carta geológica del Uruguay. (en línea). Revista Investigaciones MIEM. DINAMIGE. 2(1):22-23. Consultado 16 mar. 2021. Disponible en https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/a2_louireirosb.pdf
91. Luna-Zamora, G.; Pro-Martínez, A.; Mendoza-Pedroza, S. I.; González-Cerón, F.; Sosa-Montes, E.; Rodríguez-Ortega, L. T.; Rodríguez-Ortega, A.; Luna-Botello, A. 2019. Lupino (*Lupinus angustifolius* L.): una alternativa de proteína. (en línea). Agro Productividad. 12(8):53-57. Consultado 14 feb. 2021. Disponible en <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1451>
92. Luzardo, S.; Montossi, F.; Brito, G.; Hernández, S.; Bottero, S.; Zamit, W.; Bentancurt, M.; Costales, J.; La Manna, A. 2010a. Frecuencia de suplementación invernal en campo natural: su aplicación en la recría de machos. In: Jornada sobre Propuestas Tecnológicas para el Incremento de la Productividad, la Valorización y el Ingreso Económico para Sistemas Ganaderos de Basalto (2011, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 35-37 (Actividades de Difusión no. 657).
93. _____.; _____.; _____. 2010b. La necesidad de la suplementación invernal sobre campo natural en la recría bovina. Revista INIA. no. 22:11-15.
94. _____.; _____.; Lagomarsino, X. 2012. Uso de la suplementación en recrías sobre campo natural. Revista INIA. no. 28:8-12.
95. _____.; Cuadro, R.; Lagomarsino, X.; Montossi, F.; Brito, G.; La Manna, A. 2014. Tecnologías para la intensificación de la recría bovina en el Basalto: suplementación infrecuente sobre campo natural y pasturas mejoradas en Basalto. In: Berretta, E.; Montossi, F.; Brito, G. eds. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Montevideo, INIA. pp. 93-125 (Serie Técnica no. 217).

96. Mac Loughlin, R. J. 2010. Requerimientos de proteína y formulación de raciones en bovinos para carne. (en línea). Mar del Plata, Sitio Argentino de Producción de Animal. 6 p. Consultado 4 mar. 2021. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/42-formulacion_proteina.pdf
97. Mejía Haro, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. (en línea). Acta Universitaria. 12(3):56-63. Consultado 21 mar. 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/416/41612204.pdf>
98. Mera, M.; Espinoza, N.; Galdames, R.; Aguilera, A.; García, J.; Montenegro, A.; Alcalde, J. 2016. Lupino dulce y amargo, producción en Chile. Temuco, INIA. 121 p.
99. Mieres J. M., 1997. Relaciones planta-animal-suplemento. In: Risso, D. F.; Montossi, F. eds. Suplementación estratégica de la cría y recria ovina y vacuna. Montevideo, INIA. p. irr. (Actividades de Difusión no. 129).
100. Mohamed, A. A.; Rayas-Duarte, P. 1995. Composition of *Lupinus albus*. (en línea). Cereal Chemistry Journal. 72:643-647. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/CC1995a146.html>
101. Montossi, F.; Pigurina, G.; Santamarina, I.; Berretta, E. J. 2000. Estudios de selectividad animal en diferentes comunidades vegetales de la región de Basalto y su importancia práctica para el manejo del pastoreo con ovinos y vacunos. In: Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica. Montevideo, INIA. pp. 22-70 (Serie Técnica no. 113).
102. _____; Soares de Lima, J.; Brito, G.; Berretta, E. J. 2014. Impacto en lo productivo y económico de las diferentes orientaciones productivas y tecnologías propuestas para la región de Basalto. In: Berretta, E. J.; Montossi, F.; Brito, G. eds. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Montevideo, INIA. pp. 557-568 (Serie Técnica no. 217).
103. Murphy, S. R.; McNiven, M. A. 1994. Raw or roasted lupin supplementation of grass silage diets for beef steers. (en línea). Animal Feed Science and Technology. 46(1-2):23-35. Consultado 26 ene. 2021. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377840194900620>

104. NRC (National Research Council, US). 1987. Predicting feed intake of food-producing animals. (en línea). Washington, D. C., National Academy Press. pp. 56-74. Consultado 19 ene. 2021. Disponible en <https://www.nap.edu/read/950/chapter/7>
105. _____. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. (en línea). 7th. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Science. 234 p. Consultado 12 ene. 2021. Disponible en <https://www.nap.edu/catalog/9791/nutrient-requirements-of-beef-cattle-seventh-revised-edition-update-2000>
106. ODEPA (Oficina de Estudio y Políticas Agrarias, CL). 2021. Lupino. (en línea). Santiago de Chile. s.p. Consultado 22 ene. 2021. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/?s=LUPINO&desde=1999&hasta=2021>
107. Pablo, M.; Lagunés, L.; López, J.; Ramos, J.; Aranda, E. 2013. Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de lupinos silvestres. (en línea). Bioagro. 25(2):101-108. Consultado 23 feb. 2021. Disponible en <https://biblat.unam.mx/es/revista/bioagro/articulo/morfometria-germinacion-y-composicion-mineral-de-semillas-de-lupinus-silvestreshttps://biblat.unam.mx/es/revista/bioagro/articulo/morfometria-germinacion-y-composicion-mineral-de-semillas-de-lupinus-silvestres>
108. Petterson, D. S.; Sandström, B.; Cederblad, Å. 1994. Absorption of zinc from lupin (*Lupinus angustifolius*)-based foods. (en línea). British Journal of Nutrition. 72(06):865-871. Consultado 26 ene. 2021. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7827007/>
109. _____.; Sipsas, S.; Mackintosh, J. B. 1997. The chemical composition and nutritive value of Australian pulses. (en línea). 2nd. ed. Kingston, Grains Research and Development Corporation. 64 p. Consultado 22 ene. 2021. Disponible en <https://catalogue.nla.gov.au/Record/128320>
110. _____. 2000. The use of lupins in feeding systems – review. (en línea). Animal Bioscience. 13(6):861-882. Consultado 24 ene. 2021. Disponible en https://www.animbiosci.org/articles/search_result.php?term=author&f_name=D.%20S.&l_name=Petterson
111. Pigurina, G. 1993. Aspectos nutricionales de suplementación de terneros en condiciones de pastoreo. In: Jornada de Campo Natural (1993, Treinta y Tres). Estrategia invernal, manejo y suplementación. Montevideo, INIA. pp. 29-34 (Actividades de Difusión no. 49).

112. _____. 1994. Suplementación invernal de terneras de destete con pastoreo de avena por horas. In: Día de Campo sobre Alimentación Invernal (1994, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 2-9 (Actividades de Difusión no. 32).
113. _____.; Brito, G. 1996. Recría: terneras y vaquillonas. In: Jornada Unidad Experimental “La Magnolia” (1996, Tacuarembó). Sistema ganadero “La Magnolia”. Montevideo, INIA. pp. 36-41 (Actividades de Difusión no. 105).
114. _____.; _____.; Pittaluga, O.; Scaglia, G.; Risso, D.; Berretta, E. J. 1997. Suplementación de la recría en vacunos. In: Jornada sobre Suplementación Estratégica de la Cría y Recría Ovina y Vacuna (1997, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. cap. 4, pp. 1-6 (Actividades de Difusión no. 129).
115. _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 1998a. Alimentación de la recría en vacunos. *El País Agropecuario*. 4(40):23-26.
116. _____.; Soares de Lima, J. M.; Berretta, E.; Montossi, F.; Pittaluga, O.; Ferreira, G.; Silva, J. 1998b. Características del engorde a campo natural. In: Seminario de Actualización en Tecnología para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 150-160 (Serie Técnica no. 102).
117. _____.; Methol, M. 2004. Tabla de contenido nutricional de pasturas y forrajes del Uruguay. In: Mieres, J. M. ed. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 1-6 (Serie Técnica no. 142).
118. Pittaluga, O.; Berretta E. J.; Risso, D. F. 1998. Factores que afectan la recría vacuna en campo natural de Basalto. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 160-166 (Serie Técnica no. 102).
119. _____.; Brito, G.; Cuadro, P.; Díaz, S.; San Julián, R.; Silveira, C. 2007. Incidencia de diferentes períodos de suplementación invernal de terneros y novillos sobre el crecimiento animal, el rendimiento carnicero y la calidad de la carne. In: Día de Campo Alternativas de Intensificación, Especialización, Diversificación y Valorización de la Ganadería Ovina y Bovina en el Basalto. (2007, Paysandú). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 12-16 (Actividades de Difusión no. 518).
120. Poppi, D.; McLennan, F. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pastures. (en línea). *Journal of Animal Science*. 73:278-290. Consultado 4 mar. 2021. Disponible en <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/73/1/278/4564217?redirectedFrom=fulltext>

121. Pordomingo, A. J. 1999. Cuando con pasto no alcanza. Suplementación sobre verdeos de invierno. (en línea). Córdoba, Sitio Argentino de Producción Animal. 4 p. Consultado 18 mar. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/19-suplementacion_con_granos_a_bovinos_a_pastoreo.pdf
122. _____.; Jonas, O.; Adra, M.; Juan, N. A.; Azcárate, M. P. 2002. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. (en línea). Revista de Investigaciones Agropecuarias. 31(1):1-23. Consultado 12 feb. 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/864/86431101.pdf>
123. _____. 2003. Suplementación con granos a bovinos en pastoreo. (en línea). Anguil, INTA. 4 p. Consultado 15 feb. 2021. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/19-suplementacion_con_granos_a_bovinos_a_pastoreo.pdf
124. Quintans, G.; Vaz Martins, D.; Carriquiry, E. 1993. Efecto de la suplementación invernal sobre el comportamiento de terneras. *In*: Jornada de Campo Natural (1993, Treinta y Tres). Estrategia invernal, manejo y suplementación. Montevideo, INIA. pp. 35-53 (Actividades de Difusión no. 49).
125. _____.; Pigurina, G. 1994a. Alimentación invernal de la recría. Introducción. *In*: Jornada Técnica sobre Bovinos de Carne (1994, Treinta y Tres). Avances en suplementación de la recría e internada intensiva. Montevideo, INIA. pp. 2-1 (Actividades de Difusión no. 34).
126. _____.; Vaz Martins, D.; Carriquiry, E. 1994b. Alternativas de suplementación de vaquillonas. *In*: Jornada Técnica sobre Bovinos de Carne (1994, Treinta y Tres). Avances en suplementación de la recría e internada intensiva. Montevideo, INIA. pp. 2-2-2-7 (Actividades de Difusión no. 34).
127. _____.; _____. 1994c. Efecto de diferentes fuentes de suplementos sobre el comportamiento de terneras. *In*: Jornada Técnica sobre Bovinos de Carne (1994, Treinta y Tres). Avances en suplementación de la recría e internada intensiva. Montevideo, INIA. pp. 2-8-2-12 (Actividades de Difusión no. 34).

128. _____. 1994d. Suplementación de terneras y vaquillonas con afrechillo de arroz desgrasado. In: Jornada Técnica sobre Bovinos de Carne (1994, Treinta y Tres). Avances en suplementación de la cría e internada intensiva. Montevideo, INIA. pp. 2-13-2-21 (Actividades de Difusión no. 34).
129. _____. 2006. Recría vacuna: preparándonos para el invierno. (en línea). Revista INIA. no. 6:2-5. Consultado 15 feb. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/788/1/111219220807161218.pdf>
130. _____. 2014. La suplementación como herramienta nutricional en el manejo de un rodeo de cría. In: Seminario de Actualización Técnica sobre Estrategias de Intensificación Ganadera (2014, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 1-5 (Actividades de Difusión no. 734).
131. Reid, R. L. 1994. Milestones in forage research. (en línea). In: Fahey, G. ed. Forage quality, evaluation and utilization. Madison, WI, American Society of Agronomy. pp. 1-58. Consultado 23 feb. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.cl>
132. Restle, J.; Faturi, C.; Pascoal, L. L.; Pereira Rosa, J. R.; Brondani, I. L.; Alves Filho, D. C. 2009. Processamento do grão de aveia para alimentação de vacas de descarte terminadas em confinamento. (en línea). *Ciência Animal Brasileira*. 10(2):497-503. Consultado 28 ene. 2021. Disponible en <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/3877>
133. Risso, D. F. 1997. Producción de carne sobre pastura. In: Vaz Martins, D. ed. Suplementación estratégica para el engorde de ganado. Montevideo, INIA. pp. 1-6 (Serie Técnica no. 83).
134. Rojas, C.; Catrileo, A. 1992. Suplementos proteicos y ensilaje de maíz, en raciones para engorda de novillos Hereford. In: Conferencia Nacional del Lupino (1ª., 1992, Temuco). Trabajos presentados. Temuco, s.e. pp. 133-141.
135. _____.; _____. 1998. Grano de lupino blanco (*Lupinus albus* L.) y australiano (*Lupinus angustifolius* L.) entero o chancado, en la engorda invernal de novillos. (en línea). *Agro Sur*. 26(2):70-77. Consultado 28 ene. 2021. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/5301/NR38374.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

136. _____. 2009. Cama de broiler y grano de maíz entero o molido en raciones de engorda invernal de novillos. (en línea). *Agro Sur*. 37(1):52-59. Consultado 21 feb. 2021. Disponible en <http://revistas.uach.cl/index.php/agrosur/article/view/4013>
137. _____.; Catrileo, A.; Grez, T. 2011. Evaluación productiva y económica del uso de grano entero de avena (*Avena sativa* L.) y lupino australiano (*Lupinus angustifolius* L.) en raciones de engorda invernal de vaquillas. (en línea). *Agro Sur*. 39(1):57-67. Consultado 26 ene. 2021. Disponible en <https://docplayer.es/22512505-Evaluacion-productiva-y-economica-de-urea-grano-de-lupino-expeller-de-mani-y-afrecho-de-soya-en-raciones-de-engorda-de-vaquillas.html>
138. _____.; _____. 2012. Uso de granos enteros de lupino australiano y avena em la engorda invernal de bovinos. (en línea). *Tierra Adentro*. 98:21-23. Consultado 25 set. 2021. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/5301/NR38374.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
139. Rovira, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría. Montevideo, Hemisferio Sur. 288 p.
140. _____. 2014. Intensificando la suplementación de bovinos en pastoreo. (en línea). *Revista INIA*. no. 36:7-11. Consultado 4 mar. 2021. Disponible en http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/revista_INIA_36_Rovira.pdf
141. Rowe, J. B.; Choct, M.; Pethick, D. W. 1999. Processing cereal grains for animal feeding. (en línea). *Australian Journal of Agricultural Research*. 50:721-736. Consultado 24 ene. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/240193060_Processing_cereal_grains_for_animal_feeding
142. Sala, O. E.; Lauenroth, W. K.; McNaughton, S. J.; Rusch, G.; Xinshi Zhang. 1996. Biodiversity and ecosystem functioning in grasslands. *In*: Mooney, H. A.; Cushman, J. H.; Medina, E.; Sala, O. E.; Schulze, E. D. eds. *Functional roles of biodiversity: a global perspective*. Chichester, UK, Wiley. pp.129-149.
143. San Julián, R.; Montossi, F.; Berretta, E. J.; Levratto, J.; Zamit, W.; Ríos, M. 1998. Alternativas de alimentación y manejo invernal de la recría ovina en la región de Basalto. *In*: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 209-227 (Serie Técnica no. 102).

144. Schingoethe, D. J. 2007. Strategies, benefits, and challenges of feeding ethanol byproducts to dairy and beef cattle. (en línea). Brookings, South Dakota State University. 15 p. Consultado 13 feb. 2021. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Strategies%2C-Benefits%2C-and-Challenges-of-Feeding-to-Schingoethe/af8631f73e6f951b17245a661bb12395d44f2911>
145. Sedláková, K.; Straková, E.; Suchý, P.; Krejcarová, J.; Herzig, I. 2016. Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition – a review. (en línea). Acta Veterinaria Brno. 85(2):165-175. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/305037684_Lupin_as_a_perspective_protein_plant_for_animal_and_human_nutrition_-_A_review
146. Simeone, A.; Beretta, V. 2004. Uso de alimentos concentrados en sistemas ganaderos. ¿Es buen negocio suplementar al ganado? (en línea). In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (6^a, 2004, Paysandú, Uruguay). Manejo nutricional en ganado de carne. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 10-17. Consultado 10 feb. 2021. Disponible en <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2004.pdf>
147. _____.; _____. 2006. Intensificando la producción de carne en invierno: “de la teoría a la práctica”. (en línea). In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (8^a, 2006, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 9-30. Consultado 6 feb. 2021. Disponible en <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2006.pdf>
148. _____.; _____. 2009. Reformulando la ganadería en Uruguay: ¿cómo se va a criar y engordar el ganado en los tiempos venideros? (en línea). In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (11^a, 2009, Paysandú, Uruguay). La proteína y la “calidad” de un alimento. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 23-25. Consultado 15 mar. 2021. Disponible en <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2009.pdf>
149. _____.; _____.; Beriau, M. E. 2010a. La alimentación a corral y la ganadería a pasto: una propuesta de integración para analizar la posibilidad “ganar-ganar” en el negocio ganadero. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (12^a, 2010, Paysandú, Uruguay). Ganadería a pasto, feedlot e industria frigorífica: ¿es posible una integración de tipo “ganar-ganar” en la cadena de la carne? Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 12-21.

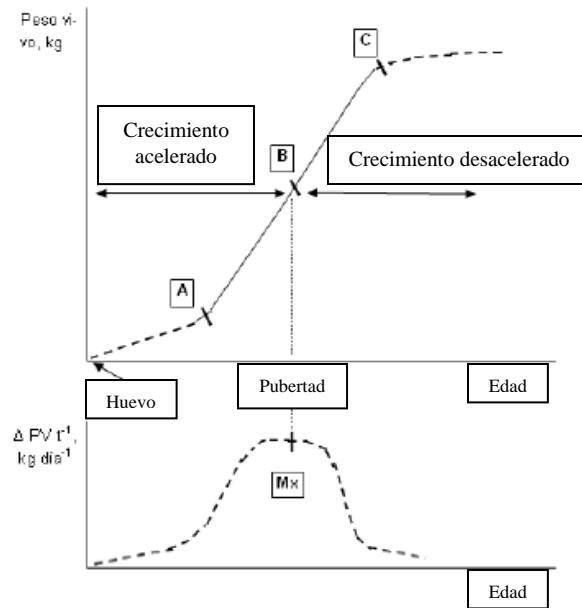
150. _____.; _____.; Elizalde, J. C.; Franco, J. 2010b. Evaluación de diferentes fuentes de nitrógeno no proteico en sustitución de la proteína verdadera en dietas de feedlot con alta proporción de grano para terneros y novillos. *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (12^a., 2010, Paysandú, Uruguay). Ganadería a pasto, feedlot e industria frigorífica: ¿es posible una integración de tipo “ganar-ganar” en la cadena de la carne? Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 34-45.
151. _____.; _____.; Franco, J.; Caorsi, C. J.; Panzini, S.; Martínez, E.; Zanetti, F.; Cortazzo, N.; Anzolabehejere, M. 2016. Nuevos datos para seguir aprendiendo a usar el DDGS de sorgo en dietas de corral. *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (18^a., 2016, Paysandú, Uruguay). A pasto y a corral, dos caminos con un mismo destino: la rentabilidad. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 46-54.
152. _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; Novac, M.; Panizza, V.; Rodríguez, V. 2018. Uso del DDGS de sorgo en raciones de engorde a corral, con “suministro restringido” como estrategia de manejo del comedero. *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (20^a., 2018, Paysandú, Uruguay). 20 años de investigación para una ganadería más rentable. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 44-52.
153. _____.; _____. 2020. Estrategias de uso de alimentos concentrados para mejorar el proceso de la recría de ganado para carne pastoreando campo natural. *In*: Curso de Posgrado en Nutrición Animal en Sistemas Pastoriles Extensivos (2020, Tacuarembó). Presentaciones. Tacuarembó, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 79 diapositivas.
154. Soares de Lima, J. M.; Rovira, P.; Lagomarsino, X.; Montossi, F.; Luzardo, S. 2014. Evaluación económica de estrategias de suplementación invernal en vacunos. *In*: Seminario de Actualización Técnica sobre Estrategias de Intensificación Ganadera (2014, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 37-45 (Actividades de Difusión no. 734).
155. Tarazona, A. M.; Ceballos, M. C.; Naranjo, J. F.; Cuartas, C. A. 2012. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. (en línea). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 25:473-487. Consultado 11 feb. 2021. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/265963816> Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en bovinos en pastoreo

156. Tieri, M. P.; La Manna, A.; Fernández, E.; Mieres, J.; Schroeder, F.; Pérez, E.; Baldi, F.; Banchemo, G. 2010. Efecto de diferentes niveles de proteína y sustitución de proteína verdadera por nitrógeno no proteico (urea) en la performance y desarrollo de terneros cruza Hereford x Angus y su impacto posterior en la recría. (en línea). *In*: Jornada de Invernada Intensiva (2010, La Estanzuela, Colonia). Producción de carne desde una invernada de precisión. Montevideo, INIA. pp. 23-48 (Actividades de Difusión no. 609). Consultado 22 abr. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/consulta/busca?b=pc&id=26022&biblioteca=va&busca=autoria:%22Tieri,%20M.P.%22&qFacets=autoria:%22Tieri,%20M.P.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>
157. Turgeon, O. A.; Szasz, J. I.; Koers, W. C.; Davis, M. S.; Vander Pol, K. J. 2010. Manipulating grain processing method and roughage level to improve feed efficiency in feedlot cattle. (en línea). *Journal of Animal Science*. 88(1):284-295. Consultado 28 ene. 2021. Disponible en <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/88/1/284/4740462>
158. Underwood, E. 1971. Trace elements in human and animal nutrition. (en línea). 4th. ed. Nedlands, AU, Academic Press. 560 p. Consultado 22 ene. 2021. Disponible en <https://www.elsevier.com/books/trace-elements-in-human-and-animal-nutrition/underwood/978-0-12-709065-8>
159. Van Barneveld, R. J. 1999. Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency. (en línea). *Nutrition Research Reviews*. 12(2):203-230. Consultado 22 ene. 2021. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/journals/nutrition-research-reviews/article/understanding-the-nutritional-chemistry-of-lupin-lupinus-spp-seed-to-improve-livestock-production-efficiency/5697BEF806F2E2F6D3598150B275C06F>
160. Van Soest, P. J.; Sniffen, C.; Mertens, D. R.; Fox, D. G.; Robinson, P. H.; Krishnamoorthy, U. 1982. A net protein system for cattle: the rumen submodel for nitrogen. (en línea). *In*: Owens, F. N. ed. Protein requirements for cattle. Stillwater, Oklahoma State University. pp. 265-280. Consultado 27 ene. 2021. Disponible en <https://www.worldcat.org/title/protein-requirements-for-cattle-proceedings-of-an-international-symposium-at-oklahoma-state-university-november-19-21-1980/oclc/8401926#relatedsubjects>

161. Velazco, J. I. 2009. Suplementación estratégica de la recría bovina sobre campo natural. (en línea). Revista INIA. no. 18:6-9. Consultado 11 feb. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/consulta/busca?b=ad&id=13040&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22VELAZCO,%20J.I.%22&qFacets=autoria:%22VELAZCO,%20J.I.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>
162. Veneciano, J. H.; Frasinelli, C. A. 2014. Recría bovina. (en línea). In: Casagrande, H. J. ed. Cría y recría de bovinos. San Luis, INTA. pp. 39-50. Consultado 22 ene. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/177-TextoCriaRecria.pdf
163. Williams, W.; McGibbon, R. 1980. Environmental effects on seed oil percentage and fatty acid composition in white lupin (*Lupinus albus*). (en línea). The Journal of Agricultural Science. 95(03):597-602. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/abs/environmental-effects-on-seed-oil-percentage-and-fatty-acid-composition-in-white-lupin-lupinus-albus/01F5B3493900FF10C1D329BC779AB9A3>

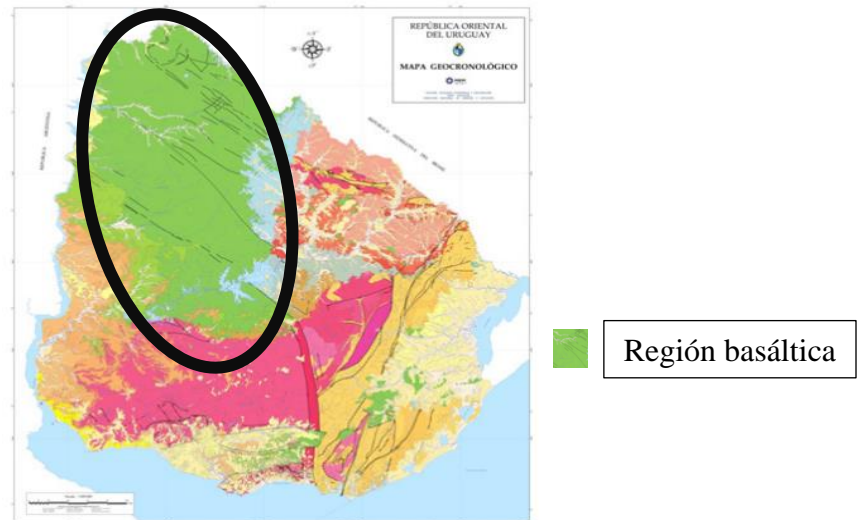
10. ANEXOS

Anexo 1. Curva conceptual del crecimiento acumulado de materia viva en kilogramos, en función de la edad. En la parte inferior, tasa de crecimiento diario



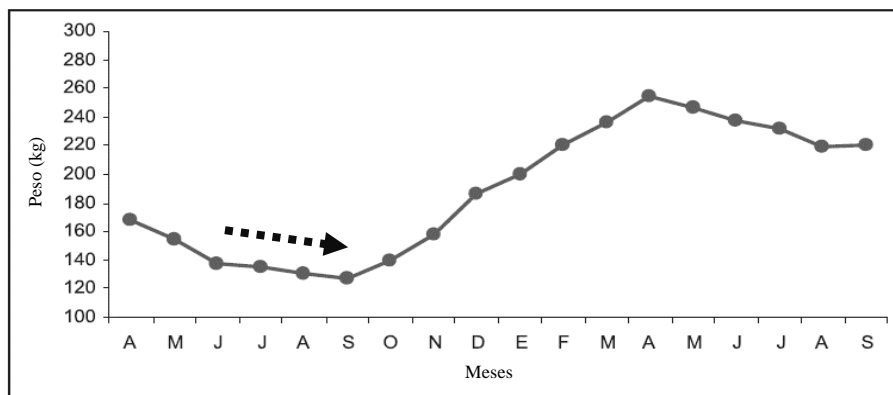
Fuente: tomado de Veneciano y Frasinelli (2014).

Anexo 2. Carta geológica del Uruguay en la cual se observa la región basáltica (escala 1:1.000.000)



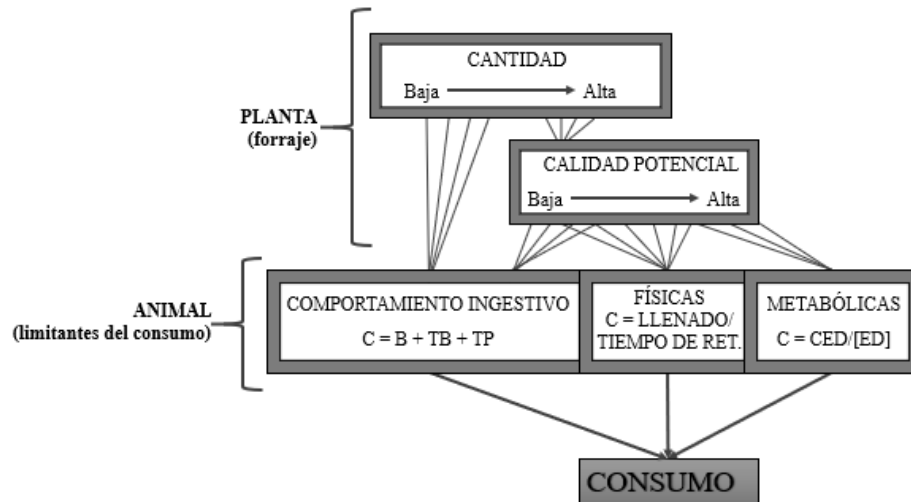
Fuente: adaptado de Loureiro y Sánchez (2019).

Anexo 3. Evolución del peso de la recria sobre campo natural desde el destete hasta el segundo año de vida



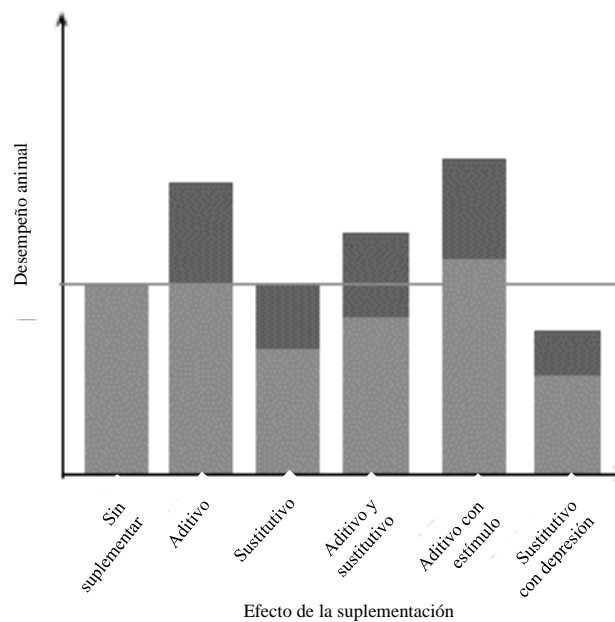
Fuente: adaptado de Quintans y Vaz Martins (1994c).

Anexo 4. Representación de la interfase planta-animal, donde se simplifican las relaciones entre los dos componentes



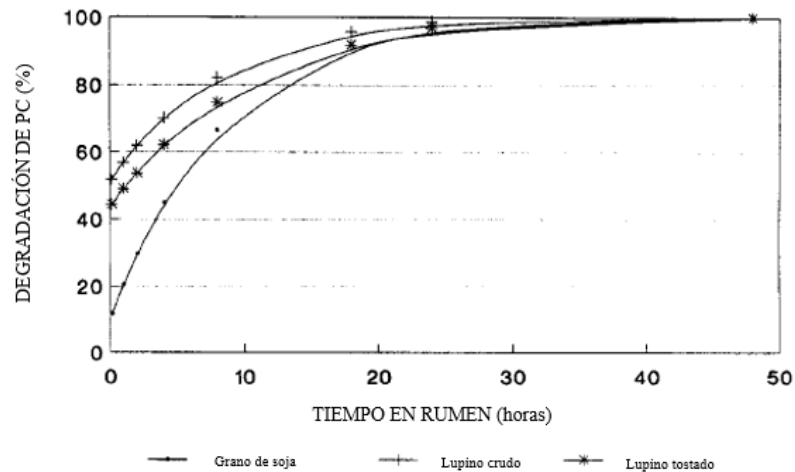
Fuente: adaptado de Cangiano (1996).

Anexo 5. Efecto de la suplementación en el desempeño animal, en relación a animales no suplementados



Fuente: adaptado de Mieres (1997).

Anexo 6. Curvas de predicción de la degradabilidad de la proteína cruda del grano de soja, lupino crudo y lupino tostado



Fuente: adaptado de Murphy y McNiven (1994).

Anexo 7. Contribución específica por presencia (CEP) de las especies reportadas en el área experimental, y su correspondiente tipo productivo (TP). Además, se resaltan 5 especies relevadas con CEP más alto

Especies	TP	CEP
<i>Adesmia bicolor</i>	F	7,83
<i>Alophia amoena</i>	O	0,66
<i>Andropogon lateralis</i>	D	7,28
<i>Apium leptophyllum</i>	O	0,33
<i>Axonopus affinis</i>	TO	2,98
<i>Baccharis coridiifolia</i>	MCS	1,87
<i>Bothriochloa laguroides</i>	O	3,64
<i>Bromus auleticus</i>	F	1,21
<i>Cerastium glomeratum</i>	ME	3,75
<i>Chaptalia piloselloidea</i>	MM	2,65
<i>Ciperaceas</i>	O	2,09
<i>Coelorhachis selloana</i>	T	1,21
<i>Cynodon dactylon</i>	O	1,87
<i>Desmodium incanum</i>	TF	0,77
<i>Dichondra microcalyx</i>	ME	1,43

<i>Dichondra sericea</i>	ME	0,33
<i>Dorstenia brasiliensis</i>	ME	0,22
<i>Eragrostis lugens</i>	O	0,22
<i>Eryngium horridum</i>	MCS	0,88
<i>Eryngium nudicaule</i>	ME	1,10
<i>Facelis retusa</i>	ME	0,11
<i>Gamochaeta spicata</i>	ME	0,11
<i>Geranium dissectum</i>	ME	0,77
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	T	0,11
<i>Juncus</i>	O	1,98
<i>Lolium multiflorum</i>	F	11,36
<i>Medicago lupulina</i>	TO	2,76
<i>Oenothera indecora</i>	MM	0,22
<i>Oxalis spp</i>	ME	6,06
<i>Panicum milioides</i>	T	0,55
<i>Paspalum dilatatum</i>	F	4,19
<i>Paspalum notatum</i>	T	4,85
<i>Pamphalea heterophylla</i>	ME	0,11
<i>Piptochaetium bicolor</i>	TF	3,20
<i>Piptochaetium montevidensis</i>	TO	0,44
<i>Piptochaetium stipoides</i>	T	1,87
<i>Poa annua</i>	T	0,88
<i>Relbunium richardianum</i>	O	0,33
<i>Schizachyrium microstachyum</i>	D	0,99
<i>Scutellaria racemosa</i>	ME	0,11
<i>Senecio grisebachii</i>	MCS	0,11
<i>Setaria geniculata</i>	T	0,11
<i>Sisyrinchium spp</i>	MM	0,11
<i>Soliva pterosperma</i>	ME	0,11
<i>Sporobolus indicus</i>	OD	4,96
<i>Stachys arvensis</i>	ME	0,33
<i>Stipa hialina</i>	T	0,99
<i>Stipa papposa</i>	O	0,33
<i>Stipa setigera</i>	TF	5,29
<i>Verbena montevidensis</i>	MM	4,30

F= fino, T= tierno, TF= tierno fino, TO= tierno ordinario, O= ordinario, D= duro, OD= ordinario duro, ME= maleza enana, MM= maleza menor, MCS= maleza de campo sucio.

Anexo 8. Evolución media de la disponibilidad de forraje para los tratamientos, en las semanas de medición durante el período experimental

Disponibilidad (kg MS/ha)	TESTIGO	LUPINO
20/7/2020 (1)	902.8AB	1133.7AB
3/8/2020 (3)	844.7AB	787.3B
17/8/2020 (5)	880.2AB	778.1B
31/8/2020 (7)	1198.4A	1079AB
14/9/2020 (9)	736.7B	940B

Anexo 9. Evolución media de la altura para los tratamientos, en las semanas de medición durante el período experimental

Altura (cm)	TESTIGO	LUPINO
20/7/2020 (1)	4B	4.8B
3/8/2020 (3)	6.4A	5.9AB
17/8/2020 (5)	5.9A	5.4AB
31/8/2020 (7)	5.6A	5.2B
14/9/2020 (9)	5.8A	6.7A

Medias en la columna seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Anexo 10. Evolución media de la proporción de restos secos para los tratamientos, en las semanas de medición durante el período experimental

Restos secos (%)	TESTIGO	LUPINO
20/7/2020 (1)	35B	35.7B
3/8/2020 (3)	42A	41.7A
17/8/2020 (5)	32.8C	32.6C
31/8/2020 (7)	32.3C	32.2C
14/9/2020 (9)	15.5D	17.3D

Medias en la columna seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Anexo 11. Efecto semana en la actividad de pastoreo efectivo y búsqueda, su estimación, error estándar y test de Tukey

Semana	Estimación	Error estándar	Tukey
1-2 (26 y 27/7)	0.7506	0.5138	B
4 (15 y 16/8)	0.7957	0.5112	A
8 (7 y 8/9)	0.8011	0.5106	A

Anexo 12. Efecto semana en la actividad de rumia, su estimación, error estándar y test de Tukey

Semana	Estimación	Error estándar	Tukey
1-2 (26 y 27/7)	0.1046	0.5142	B
4 (15 y 16/8)	0.1171	0.5093	AB
8 (7 y 8/9)	0.1240	0.5087	A

Anexo 13. Efecto semana en la actividad de descanso, su estimación, error estándar y test de Tukey

Semana	Estimación	Error estándar	Tukey
1-2 (26 y 27/7)	0.0846	0.5246	A
4 (15 y 16/8)	0.0213	0.5367	B
8 (7 y 8/9)	0.0163	0.5392	B

Anexo 14. Efecto semana en la actividad de consumo de agua, su estimación, error estándar y test de Tukey

Semana	Estimación	Error estándar	Tukey
1-2 (26 y 27/7)	0.0179	0.5249	A
4 (15 y 16/8)	0.0130	0.5208	AB
8 (7 y 8/9)	0.0109	0.5226	B