

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE UN SUPLEMENTO BALANCEADO POR
GRANO DE LUPINO SOBRE LA PERFORMANCE DE TERNEROS
DESTETADOS PRECOZMENTE MANEJADOS SOBRE PRADERAS
PERMANENTES EN VERANO**

por

Agustín MENÉNDEZ

Facundo PINCZAK

**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.) Virginia Beretta

.....

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

.....

Med. Vet. (MSc.) Juan Franco

Fecha: 22 de diciembre de 2021.

Autores:

Agustín Menéndez

.....

Facundo Pinczak

AGRADECIMIENTOS

A nuestros familiares y amigos que nos apoyaron durante toda la carrera y que sin duda, nada hubiese sido posible sin su ayuda.

A los tutores Virginia Beretta y Álvaro Simeone por el aprendizaje brindado y por la constante dedicación en cada una de las etapas de trabajo.

A Dainelis Casanova, Natalia Zabalveytía y Victoria Burjel por su apoyo y aprendizaje en las actividades realizadas.

A Sully Toledo por su asesoramiento en la edición del trabajo escrito.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	3
2.2. <u>EFICIENCIA PRODUCTIVA Y DESARROLLO DEL TERNERO</u>	3
2.2.1. <u>El proceso de cría</u>	3
2.2.2. <u>Características del destete precoz</u>	3
2.2.3. <u>Exigencias nutricionales</u>	4
2.3. <u>MANEJO DEL TERNERO DE DESTETE PRECOZ</u>	6
2.3.1. <u>Sistemas de alimentación</u>	6
2.4. <u>CONSUMO EN PASTOREO</u>	7
2.4.1. <u>Factores que afectan el consumo</u>	8
2.4.2. <u>Cantidad y calidad del forraje ofrecido</u>	8
2.4.3. <u>Efectos del ambiente</u>	10
2.5. <u>SUPLEMENTACIÓN DE ANIMALES EN PASTOREO</u>	11
2.5.1. <u>Efectos de los concentrados en el animal y la pastura</u>	12
2.5.2. <u>Respuesta a la suplementación</u>	13
2.5.3. <u>Suplementación energética</u>	14
2.5.4. <u>Suplementación proteica</u>	15
2.5.5. <u>Balance energía-proteína</u>	15
2.6. <u>GRANO DE LUPINO</u>	16
2.6.1. <u>Composición nutricional</u>	16
2.6.2. <u>Antecedentes en la alimentación de rumiantes</u>	19
2.7. <u>HIPÓTESIS</u>	20
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	21
3.1. <u>LOCALIZACIÓN</u>	21
3.2. <u>CLIMA</u>	21
3.3. <u>SUELOS</u>	21
3.4. <u>PASTURAS Y SUPLEMENTO</u>	22
3.5. <u>ANIMALES</u>	22
3.6. <u>TRATAMIENTOS</u>	23
3.7. <u>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</u>	23
3.8. <u>MANEJO SANITARIO</u>	24
3.9. <u>REGISTROS Y MEDICIONES</u>	24

3.9.1.	<u>Animales</u>	24
3.9.2.	<u>Mediciones y muestreo de la pastura</u>	25
3.9.2.1.	Biomasa de forraje para el ajuste de la oferta.....	25
3.9.2.2.	Altura del forraje disponible.....	25
3.9.2.3.	Biomasa y altura del forraje rechazado	25
3.9.2.4.	Consumo de forraje.....	25
3.9.2.5.	Consumo de suplemento	25
3.9.2.6.	Comportamiento ingestivo e indicadores de estrés térmico ..	26
3.9.3.	<u>Registros climáticos</u>	26
3.9.4.	<u>Análisis químico</u>	26
3.10.	VARIABLES CALCULADAS.....	27
3.11.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	27
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	31
4.1.	TEMPERATURA Y PRECIPITACIONES	31
4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA.....	33
4.3.	CONSUMO..	38
4.3.1.	<u>Consumo de suplemento</u>	39
4.3.2.	<u>Consumo de forraje</u>	40
4.3.3.	<u>Consumo de materia seca total</u>	41
4.3.4.	<u>Aporte de nutrientes</u>	42
4.4.	CRECIMIENTO DEL TERNERO	43
4.5.	COMPORTAMIENTO ANIMAL.....	45
4.5.1.	<u>Patrón de defoliación y comportamiento animal intrasemanal</u>	46
4.5.2.	<u>Tasa de bocado</u>	48
4.5.3.	<u>Tasa respiratoria</u>	49
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	56
6.	<u>RESUMEN</u>	57
7.	<u>SUMMARY</u>	58
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	59
9.	<u>ANEXOS</u>	71

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Composición química del grano de lupino en una investigación nacional	19
2. Promedio histórico de variables climáticas.....	21
3. Composición química de la ración balanceada y grano de lupino.....	22
4. Composición química del suplemento difiriendo en el nivel de sustitución de ración P18 por lupino	23
5. Manejo sanitario	24
6. Temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa promedio mensual y precipitaciones acumuladas durante el periodo experimental ...	31
7. Efecto del nivel de sustitución de ración P18 por lupino cómo suplemento para terneros de destete precoz sobre la calidad del forraje seleccionado por terneros pastoreando pradera mezcla	34
8. Efecto del nivel de inclusión de lupino en la suplementación sobre las variables de la pastura: biomasa total, seca y verde disponible, biomasa y altura remanente y utilización promedio del periodo experimental	35
9. Efecto del nivel de inclusión de lupino en el consumo diario de MS de suplemento, forraje y total.....	39
10. Aporte de proteína cruda y energía metabolizable estimado para cada tratamiento.....	43
11. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre el crecimiento del ternero y la eficiencia de conversión del alimento	43
12. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre las variables de comportamiento animal	46
13. Efecto de la inclusión de lupino en la tasa respiratoria	50
 Figura No.	
1. Esquema de diferentes opciones a la hora de realizar el destete precoz	6
2. Índice de temperatura y humedad diario para todos los días del experimento.....	32

3. Precipitaciones históricas y ocurridas durante el periodo experimental.....	33
4. Biomasa total disponible, biomasa verde disponible, biomasa seca disponible y altura de entrada semanal a lo largo del periodo experimental.....	36
5. Biomasa total remanente, biomasa verde remanente, biomasa seca remanente y altura de salida semanal a lo largo del periodo experimental.....	37
6. Evolución semanal de la utilización del forraje en los distintos tratamientos medida en porcentaje	38
7. Evolución semanal del consumo de materia seca de suplemento según niveles de inclusión de lupino	40
8. Disponibilidad y consumo diario de forraje de cada tratamiento según semanas de estimación del consumo	41
9. Consumo de materia seca total, representando el aporte relativo del forraje y del suplemento en cada tratamiento	42
10. Efecto del nivel de inclusión de lupino en la dieta, sobre la ganancia media diaria y la eficiencia de conversión.....	45
11. Evolución de la altura de la pastura a conforme avanzaron los días de permanencia de los animales pastoreando la parcela semanal.....	47
12. Evolución de la actividad de pastoreo, rumia, descanso, consumo de agua y suplemento durante el tiempo de permanencia en la parcela semanal de pastoreo.....	48
13. Tasa de bocado a medida que transcurren los días de ocupación de la parcela en dos horarios contrastantes	49
14. Consumo de materia seca e índice de temperatura y humedad semanal durante el experimento	54

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en Uruguay presenta varias limitaciones, donde una de las principales es el bajo índice de destete (63%) en los sistemas criadores. La cría se realiza en zonas de bajo potencial productivo, explicado por la baja eficiencia biológica de producción de carne, donde es más costoso mantener una vaca para destetar un ternero en comparación con la invernada, a la cual se le destina mejores recursos alimenticios. Por lo que para superar las limitaciones y lograr cumplir con el objetivo del criador de poder obtener un ternero por vaca por año, hay diferentes técnicas de manejo.

La técnica del destete precoz, cuando los terneros tienen 60 días y 70 kg aproximadamente, a vacas de segundo entore y vacas con baja condición corporal (menor a 3) ha demostrado consistentemente mejorar el porcentaje de destete en torno al 85-90%. No obstante, plantea como desafío el satisfacer las altas exigencias de un ternero durante el periodo estival, de forma tal que equipare las ganancias que hubiera registrado al pie de la madre, en torno a los 0,600 kg/d. Dietas conformadas con suplemento concentrado ofrecido a terneros pastoreando sobre campo natural o praderas, garantiza un mayor consumo de energía y proteína, y lograr esas ganancias. Este suplemento generalmente es una ración balanceada formulada a partir de granos de cereales y subproductos industriales, con 18% proteína cruda (PC) y 2,9 Mcal/kg de energía metabolizable (EM).

Aplicar el destete precoz tiene costos asociados al mismo como son sanidad, mano de obra, alimentación (praderas, suplemento). De estos costos, el alimento que se debe adquirir para realizar la suplementación a lo largo del periodo hasta que llegan al peso objetivo (130-180 kg peso vivo, PV), es el que más influye en el margen asociado a la aplicación de esta técnica, representando el 67% de los costos totales (Simeone y Beretta, 2002). Por lo tanto, todo manejo que permita disminuir el costo principal, sustituyendo un concentrado de mayor a uno de menor precio, sin afectar la performance de los terneros destetados precozmente, mejorará el beneficio extra por vaca.

En tal sentido se han evaluado opciones de sustitución de la ración comercial con subproductos como la burlanda de sorgo (DDGS), caracterizado por presentar elevado contenido de PC 35% y EM 2,9 Mcal/kg MS, que si bien con incrementos graduales no maximiza la ganancia media cuando se incluye 100%, sigue siendo viable económicamente la inclusión de este subproducto a la suplementación de terneros (Arduín et al., 2018).

Otra opción podría ser el grano de lupino también caracterizado por su alto aporte de PC (35%) y EM (3,0 Mcal/ kg MS). Esta última aportada por fibra digestible y grasa. Sin embargo, a diferencia del DDGS, su proteína es de alta degradabilidad ruminal, pudiendo influir en el aporte de proteína metabolizable a una categoría altamente exigente, afectando la respuesta animal.

No se han hallado trabajos evaluando el uso del lupino como componente de la ración u ofrecido como único alimento en la suplementación de terneros de destete precoz en pastoreo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del agregado de niveles crecientes de inclusión de granos de lupino en sustitución de una ración balanceada, sobre el crecimientos de terneros de destete precoz, suplementados sobre pradera a razón de 1 kg/ 100 kg de peso vivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

La presente revisión bibliográfica se realizó con el objetivo de comprobar la evidencia disponible respecto a la viabilidad de uso del grano de lupino como suplemento energético-proteico en sistemas de destete precoz a pasto en verano.

En tal sentido, se realiza primeramente una revisión de aspectos relacionados a la ineficiencia del proceso de cría y la técnica de destete precoz como herramienta para superar la limitante. Se relaciona también la demanda de nutrientes, ganancias objetivo, la respuesta a la suplementación y todo lo referente a características propias del grano de lupino.

2.2. EFICIENCIA PRODUCTIVA Y DESARROLLO DEL TERNERO

2.2.1. El proceso de cría

La cría vacuna es un proceso ineficiente desde el punto de vista biológico pero eficiente en la utilización de recursos de baja calidad. La ineficiencia biológica se debe a que gran proporción del total de energía consumida es destinada a funciones de mantenimiento del animal, es decir, el producto generado (kg de ternero destetado) representa una baja proporción del peso vivo de la vaca, que debe ser mantenido durante todo el ciclo productivo (Simeone y Beretta, 2002).

En Uruguay la ineficiencia del proceso de cría se ve agudizada por bajos índices reproductivos (63% de procreo) y una elevada edad al primer entore (3 años, Rovira, 2012).

Berrutti et al., citados por Rovira (2012) mencionan dos grupos de medidas prácticas a tener en cuenta para mejorar la eficiencia productiva de la cría, en la que destacan dentro del primer grupo de medidas la realización del destete precoz.

2.2.2. Características del destete precoz

El destete precoz consiste en la separación definitiva de la relación vaca ternero, buscando la interrupción de la lactación y a través de esta,

disminuir el estrés nutricional de la lactancia y el anestro posparto en el ganado de carne. Los criterios más importantes para decidir cuándo llevarlo a cabo son la edad y peso del ternero, donde es recomendado edades de 60 días y pesos de 70 kg. Es de importancia destacar la dispersión que puedan presentar las pariciones de los rodeos, ya que genera una gran variación de edades y pesos al momento del destete (Simeone y Beretta, 2002). Gutiérrez y Sancristóbal (2007) evaluando terneros destetados a los 30 o 60 días concluyen que durante el periodo de transición de la dieta líquida a sólida, no presenta diferencias en la performance, pero si se afecta el potencial de ganancia media diaria (GMD) postdestete, siendo éste mayor para terneros de más edad.

El ternero al nacimiento depende solamente de la leche materna. La leche pasa directamente desde el esófago al abomaso gracias al cierre de la gotera esofágica, dado que nace solo con la capacidad de digerir por métodos enzimáticos y no fermentativos, ya que el abomaso está bien desarrollado pero el rumen es muy pequeño y no funcional. Por esto es que necesita de un periodo de transición que implica una serie de pasos adaptativos que incluyen cambios en la morfología y funcionalidad del aparato digestivo, el desarrollo de la flora microbiana normal y también cambios metabólicos (Relling y Mattioli, 2002).

La interrupción abrupta de la dieta líquida puede condicionar el desarrollo futuro del rumiante, por lo que el periodo de adaptación a una dieta sólida es el más crítico (Simeone y Beretta, 2002).

Según Orskov y Ryle (1990), la producción de ácidos grasos volátiles, producto final de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos, incide en el crecimiento de las papilas ruminales, estimulando el desarrollo del rumen, por lo que cuanto más fermentable sea el alimento consumido más rápido será el desarrollo del mismo. El desarrollo ruminal se ve favorecido por el consumo de alimentos como los granos de cereales, algunos subproductos, así como gramíneas y leguminosas de alta calidad (Orskov, 1992).

2.2.3. Exigencias nutricionales

El consumo de alimentos es fundamental ya que provee la fuente de nutrientes necesarios para el crecimiento y el engorde. En términos generales el crecimiento animal puede ser definido como el aumento de masa corporal debido a la ganancia o retención diferencial de músculo y grasa (Di Marco, 1993).

La categoría ternero, es la que mayor eficiencia de conversión (EC) presenta, debido a que los requerimientos para mantenimiento son menores (NRC, 1996), destinando de esta manera mayor cantidad de energía consumida al crecimiento (Pordomingo, 2005). A su vez la ganancia de peso está dada en mayor proporción por músculo, hueso y agua, y en menor proporción de grasa comparado con animales de mayor edad y peso (Di Marco, 2007). En estas condiciones tienen mayores exigencias de proteína por kilogramo de peso vivo producido respecto a etapas posteriores (Simeone y Beretta, 2002).

Para mantener una ganancia de 0,600 kg/día de un ternero de destete precoz de raza británicas, similar a la cual obtendría al pie de la madre, es necesario que la dieta suministrada aporte 2,60 Mcal EM/kg de materia seca (MS), 16,0% PC/kg MS, 0,64% Ca y 0,32% P (Simeone y Beretta, 2002).

Según Pordomingo (2005), el primer factor y el más directamente asociado al crecimiento y al aumento de peso es el consumo. En categorías jóvenes el consumo será equivalente a 2,8-3,2% del PV. También señala la importancia de una dieta que mantenga niveles superiores al 15% de proteína cruda y que además provea una oferta de nitrógeno no proteico por debajo de un tercio del total ofrecido. Esto es debido a la reducida capacidad fermentadora del ternero.

Por lo tanto el consumo de proteína metabolizable en esta categoría se verá beneficiado si parte de la proteína de la dieta es de baja degradabilidad a nivel ruminal de forma que la misma no sea fermentada en el rumen y se digiera directamente en el intestino delgado (Simeone y Beretta, 2002). Gamba y Terzián (2015), evaluando fuentes de proteína en terneros destetados precozmente y alimentados a corral, muestran que existe una respuesta en la performance animal (medida en GMD y EC), al incremento del nivel de proteína no degradable en el rumen (PNDR) hasta cierto nivel, en torno al 40%.

En cuanto a las necesidades energéticas, las mismas deberán cubrir las necesidades diarias para mantenimiento (metabolismo basal, termorregulación y actividad) y crecimiento, que serán en función a la tasa de ganancia de peso vivo objetivo (Simeone y Beretta, 2002). La energía necesaria por kilogramo de peso vivo producido es menor en esta etapa de la vida si se la compara con etapas más avanzadas, cuando el animal comienza a depositar grasa (NRC, 1996). Según Simeone y Beretta (2002), es de importancia aumentar la concentración energética en la dieta debido a un menor consumo potencial de los terneros de destete precoz. Además la alta EC de la categoría compensa el costo de la inclusión de alimentos concentrados.

2.3. MANEJO DEL TERNERO DE DESTETE PRECOZ

2.3.1. Sistemas de alimentación

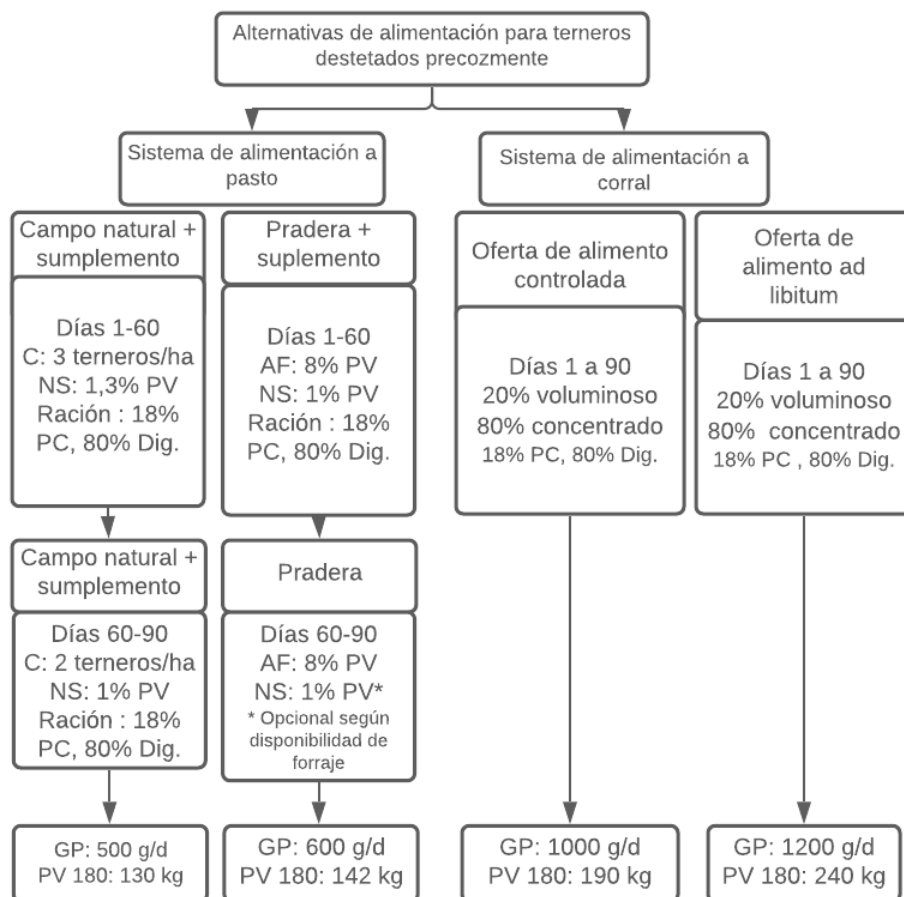
El objetivo de las diferentes alternativas es asegurar una ganancia de peso de los terneros similar a la que lograrían, en promedio, al pie de la vaca. Esto significa ganancias en torno de los 0,600 kg, de tal forma que logre pesar a los seis meses de edad lo mismo que pesaría si se realiza destete tradicional (Beretta et al., 2012).

En la figura 1, se presentan diferentes alternativas para el manejo nutricional de un ternero de destete precoz, para las condiciones del Uruguay.

Las limitantes del campo natural durante el verano, como la baja calidad favorecida por la predominancia de especies ordinarias y ausencia parcial de leguminosas (Carámbula, citado por Rovira, 2012) condiciona su uso como única fuente de alimentación para terneros de destete precoz. En cuanto a las pasturas sembradas, las cuales tienen un mayor aporte nutritivo, se observó que cuando se pastoreada durante el verano con alta asignación de forraje (AF), los terneros, presentaron ganancias diarias de 0,240 kg, lo que tampoco logra cumplir los objetivos anteriormente descritos (Beretta et al., 2012), evidenciando la necesidad de la suplementación de esta categoría como una alternativa para superar esta limitante (Simeone y Beretta, 2002).

Dicho esto, las ganancias se incrementan en la medida que el manejo sobre campo natural tenga un mayor periodo de suplementación (90 vs. 60 días) así como un mayor nivel inicial de suplementación (1,3 vs .1,0 % del peso vivo), en comparación al pastoreo de pradera que con una asignación de forraje de 8% y suplementados al 1% permite ganancias entre 0,500-0,600 kg por día, en verano (Beretta et al., 2012).

El destete precoz a corral es otra alternativa, tiene la ventaja de liberar áreas para otras categorías y aprovechar la alta EC que presenta esta categoría (Elizalde, 2015). En esta alternativa se maneja la dieta, sustituyendo la suplementación en pastoreo por el suministro de una ración totalmente mezclada, posibilitando obtener ganancias que varían en torno a 1,20 kg/día, independizando la respuesta obtenida del efecto año, y logrando una EC del alimento en torno a 3,7 kg de alimento por kg de carne producida (Beretta et al., 2012).



C= cantidad, NS= nivel de suplementación, PC= proteína cruda, AF= asignación de forraje, Dig= digestibilidad, GP= ganancia de peso, PV= peso vivo.

Figura 1. Esquema de diferentes opciones a la hora de realizar el destete precoz

Fuente: Beretta et al. (2012).

2.4. CONSUMO EN PASTOREO

El consumo voluntario es el factor más importante de la productividad animal, ya que de él dependen directamente todos los demás parámetros, como ganancia de peso, producción de leche, entre otros (Mora, 2007).

Tarazona et al. (2012) determinaron al consumo voluntario como el factor más limitante del desempeño productivo de animales en pastoreo, y lo definen como la cantidad de forraje que un animal puede consumir durante un día, sin limitaciones de tiempo ni disponibilidad.

El consumo diario de forraje puede analizarse como el producto de tres variables: el forraje consumido en un bocado, la tasa de bocados (TB) durante el pastoreo y el tiempo diario de pastoreo. Estas variables, describen el comportamiento ingestivo de un animal en pastoreo. El peso del bocado es la variable con mayor relevancia, explicando el mayor porcentaje de la variación del consumo diario de forraje (Galli et al., 1996).

Dependiendo de las condiciones de la pastura, los bovinos pueden modificar uno o más componentes del comportamiento ingestivo con la finalidad de minimizar los efectos de condiciones alimentarias desfavorables, consiguiendo así, cubrir los requerimientos nutricionales de mantenimiento y producción (Forbes, citado por Santana, 2010).

Según Pereyra y Leiras (1991), en los bovinos adultos se puede considerar que el tiempo que invierten pastando, rumiando y en descanso es de 5 a 9 horas, y beben de 1 a 4 veces al día.

En cuanto al pastoreo, hay un marcado predominio de esta actividad al amanecer y al atardecer, aunque puede variar dependiendo del clima. En el caso de la rumia, el tiempo total depende de la calidad del alimento, donde a mayor calidad menor tiempo de rumia y viceversa. La misma se realiza fundamentalmente en horas de la noche (Pereyra y Leiras, 1991).

2.4.1. Factores que afectan el consumo

Hay diversos factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad, y pueden clasificarse en propios del animal como (especie, sexo, raza, peso, estado fisiológico, salud, tiempos de consumo, y experiencia), factores sociales como (cantidad de animales y jerarquías), y factores de hábitat (densidad de especies, facilidad de acceso al forraje, estructura de la pastura, Tarazona et al., 2012).

2.4.2. Cantidad y calidad del forraje ofrecido

Según Reinoso y Soto (2006), niveles de oferta forrajera reducidos como demasiado elevados conducen a un bajo consumo, en el primer caso fundamentalmente por una reducción en la cantidad de forraje ingerido en cada

bocado (bajo peso de bocado), mientras que en el segundo caso fundamentalmente por acción de un pastoreo muy selectivo que culmina con el sobrepastoreo de algunas zonas y el aumento del área desaprovechada por parcela, compuesta por forraje rechazado endurecido.

Rovira (2012) establece que tanto para terneros de 5-6 meses de edad como para novillos de sobreño pastoreando sobre pasturas naturales, una reducción de la disponibilidad diaria de forraje de 90 a 30 g de materia orgánica por kg de peso vivo, disminuyó 18% el consumo diario de forraje, y atribuye dicha variación a la altura de la pastura y su digestibilidad. El consumo aumenta linealmente con el incremento de la digestibilidad, hasta que ésta alcance valores cercanos al 80%.

Galli et al. (1996) relacionan la altura del pasto, el largo de la lámina, la densidad del forraje en el horizonte de pastoreo, la composición de forraje y el estado fonológico de las pasturas con el peso del bocado, factor principal de variación del consumo de forraje.

El aumento de la carga mejora la utilización del forraje producido y consecuentemente la producción de carne/ha de pastoreo. Como contraparte los incrementos en la carga tienden a disminuir la ganancia individual (Beretta y Simeone, 2008). Incrementos de la asignación de forraje dentro del rango de 3 a 9 kg MS/ 100 kg PV mejorarán las ganancias de novillos que pastorean pasturas mixtas durante el verano, presentando una respuesta creciente lineal en la ganancia de peso vivo (Beretta et al., 2006).

Según Agnusdei (2007), hay autores que consideran la calidad del forraje en función del nivel en que cubren los requerimientos de los animales para expresar su capacidad productiva. La calidad del forraje es sinónimo de la digestibilidad, que a su vez depende de la proporción de material ingerido que es degradado en el rumen.

Chilibroste (1998) establece que, si la disponibilidad de la pastura es alta y a la vez de alta calidad, superior al 66% de digestibilidad, el consumo es regulado por mecanismo metabólico. Por lo que es regulado por la concentración de energía digestible en la dieta, donde habría productos de la digestión (acetato, propionato) que actuarían como estímulos.

En términos generales, para un mismo valor de oferta de forraje, la ganancia diaria es mayor cuanto mejor es la calidad de la pastura, lográndose ganancias de peso más altas con menores ofertas de forraje. Dicho esto, en verano cuando la pastura es de menor calidad, aumentar la oferta para que de esta manera el animal pueda seleccionar una dieta de mayor calidad que la

ofrecida, generaría un mayor consumo de nutrientes, y consecuentemente una mayor ganancia. Contrario a esto, en invierno y primavera cuando la pastura es de mejor calidad, se espera que alcance el consumo máximo con menores niveles de oferta. Estos cambios determinan que, mientras en la primavera los novillos logran ganancias máximas de 1,327 kg/día con una asignación de forraje óptima de 5,7% peso vivo, en el verano, el potencial de ganancia máximo a pasto se ubica en los 0,665 kg/día con una AF de 10,0% (Beretta y Simeone, 2008).

2.4.3. Efectos del ambiente

El clima afecta el comportamiento animal directa e indirectamente, influyendo sobre la calidad y/o cantidad de alimentos disponibles, los requerimientos de agua y energía, la cantidad de energía consumida y el uso de ésta. Los animales hacen frente a las condiciones adversas del clima a través de mecanismos fisiológicos y de comportamiento para mantener su temperatura corporal dentro de un rango normal. Como consecuencia, se observan alteraciones en el consumo de alimento, comportamiento y productividad (Arias et al., 2008).

Condiciones de alta radiación solar, con temperaturas por encima de la zona de confort térmico para el ganado en crecimiento (15 a 25°C) combinados con alta humedad relativa, generan un incremento de la carga calórica para el animal, que resulta en una reducción de su performance. Esta respuesta se debe a una reducción del consumo voluntario y un incremento del costo energético para mantenimiento asociado a la termorregulación, afectando negativamente el balance energético del animal (Beretta et al., 2013).

El estrés por calor que resulta de la combinación de una temperatura ambiente elevada y alta humedad relativa, se mide como el índice de temperatura y humedad (ITH). Sin embargo presenta algunas limitantes, ya que no da cuenta de importantes factores climáticos como la radiación solar y la velocidad del viento ni tampoco incluye factores de manejo productivo o de genotipo animal (Gaughan et al., citados por Arias, 2008).

Los valores de referencia estimados para ganado de carne establecen que a ITH por encima de 74 los animales manifiestan signos de estrés por calor, y por encima de 84 se torna peligroso para su sobrevivencia. Los efectos del estrés por calor en la salud y performance animal pueden observarse hasta 2 días posteriores al evento calórico (González, 2019).

2.5. SUPLEMENTACIÓN DE ANIMALES EN PASTOREO

El uso de suplementos tiene como objetivo adicionar algo que falta, ya sea en cantidad o calidad, como para que la producción animal obtenida en pastoreo se mantenga o aumente a través de un aumento de la carga y/o de la ganancia de peso (Horn, citado por Elizalde, 2003). La suplementación permite corregir las deficiencias proteicas y energético-proteicas de las pasturas tropicales, posibilitando un incremento en la eficiencia individual de los animales (Peruchena, 1999).

Dentro de los sistemas pastoriles de engorde, una de las diferentes vías de intensificación, es la suplementación, ya que permite aumentar la oferta de nutrientes a los animales a través de alimentos extraprediales o derivados del subsistema agrícola (Simeone et al., 2004).

Si el uso de suplementos, es correctamente realizado, es una estrategia de manejo alimenticio que tiene alto impacto tanto productivo como económico. Una vez incorporada esta estrategia al sistema le confiere estabilidad y seguridad. La clave está en conocer y combinar de forma adecuada los factores involucrados en la modulación de la respuesta animal, los cuales, al ser numerosos e interactuar entre ellos, generalmente se descuidan, afectando el efecto benéfico del uso de suplementos en los sistemas pastoriles (Simeone y Beretta, 2008).

En cuanto al nivel de suplementación para terneros de destete precoz, Simeone et al. (1997) sugieren niveles de suplementación del 1% PV sobre praderas, como el más adecuado donde se obtiene la mejor eficiencia biológica y económica. Niveles superiores a éste no se traduce en mayores pesos, reduciendo de esta manera la EC. Sin embargo Simeone y Beretta (2002) sugieren que para campo natural la suplementación no debería ser menor al 1,3% PV para lograr las ganancias esperadas y que la misma debería hacerse hasta que los terneros alcancen 100 kg.

Si se pretende obtener ganancias altas de peso sobre verdeos, es necesario suplementar a razón de 1 al 1,5% del PV. A estos niveles el grano o suplemento está aportando el 50% de materia seca que el animal consume y más de 60% de energía, por lo que con el aumento del nivel de suplementación se hace necesario el control del balance de nutrientes ofrecidos en la dieta total que el animal recibe en el día (Pordomingo, 1999).

2.5.1. Efectos de los concentrados en el animal y la pastura

Cuando se realiza suplementación con grano de cereales en pastoreo, se tiene que tener en cuenta algunos aspectos de importancia. La suplementación con grano de maíz en novillos Hereford pastoreando praderas en verano determinaron una disminución del tiempo de pastoreo independiente de la asignación de forraje, ya que el suministro extra de energía por parte del concentrado determinó que los animales destinarán menor tiempo de pastoreo, lo que se tradujo en menor consumo de forraje (Berasain et al., 2002). En la medida en que se reduce la participación del forraje fresco se reduce también su efecto corrector de la oferta de nutrientes minerales, vitamínicos y nitrogenados (Pordomingo, 1999).

Según Kellaway y Porta, citados por Bargo (2003), cuando las vacas en pastoreo reciben suplementos, el consumo de materia seca de pastura generalmente disminuye, lo cual es conocido como tasa de sustitución. Por otro lado, Pordomingo (2003) sostiene que el efecto de la sustitución es esperado, ya que manteniendo buenas ganancias individuales, se prolonga la duración del pasto y mejora la composición nutritiva de la dieta, reduciendo la incidencia de trastornos metabólicos. Este efecto de sustitución se acentúa aún más cuanto mejor es la calidad del forraje ofrecido.

Es entonces que en los forrajes de baja calidad los suplementos energéticos en general causan una depresión de la digestión de la fibra en mayor proporción que en los forrajes de alta calidad. Sin embargo, la depresión en el consumo de forraje por el uso de suplementos es menor en los forrajes de baja calidad que en los de alta calidad (Elizalde, 2003).

En pasturas de alta calidad según Tyler y Wilkinson, citados por Elizalde (2003), la tasa de sustitución es en torno a valores que varían entre 0,5 a 1 kg de forraje por kg de suplemento consumido. Mientras que para pasturas de baja calidad (aquellas que presentan menos de 60% de digestibilidad) según Sanson y Clanton, citados por Elizalde (2003), la tasa de sustitución varía entre 0,2 a 0,5 kg de forraje por kg de suplemento ofrecido.

Otro aspecto a tener en cuenta es que cuando la disponibilidad de forraje es baja, los animales pueden verse impedidos en cosechar todo el forraje que pueden consumir, por lo que el consumo disminuye, y consecuentemente la ganancia de peso. En estos casos, la suplementación, cubrirá el faltante diario de alimento y se produce en estos casos un efecto de adición del suplemento al consumo de forraje. Es decir que el consumo total del animal aumenta (Stritzler, 2004).

2.5.2. Respuesta a la suplementación

La respuesta a la suplementación se puede entender cómo la producción adicional (sea individual o por unidad de superficie) que se obtiene si se realiza la práctica de suplementar en relación a la alternativa de no hacerlo. Esta respuesta en animales en pastoreo es una variable determinada por un conjunto de factores que interactúan entre sí y por esta razón no es de fácil predicción. En términos generales se los puede clasificar en factores que son atribuibles a la pastura (calidad y cantidad), al suplemento (procesamiento, calidad, etc.), al animal (categoría, potencial genético, etc.), y los factores asociados al manejo (frecuencia, Baldi et al., 2008).

El principal factor que afecta la respuesta física a la suplementación concentrada es la cantidad y calidad de la pastura que ingieren los animales en su dieta básica (Bartaburu, 2001).

Resultados obtenidos por Elizalde (2003), de una revisión bibliográfica de una serie de ensayos de suplementación en pastoreo, encontró que el promedio de EC para suplementación de 1% del peso vivo fue de 19,5 kg de grano por kg de carne de respuesta entre los animales testigos y suplementados. Para los casos donde se aumenta la carga para consumir el forraje que queda por el efecto de sustitución, la respuesta obtenida, es en promedio de 5,2 kg de grano por kg de carne.

Según Stritzler (2004), puede decirse que la relación kg de suplemento por kg de carne adicional producida variará entre 7 a 1 en los casos de mayor eficiencia hasta 12 a 1 en los de menor. La suplementación de categorías más eficientes puede mejorar esta relación (novillos livianos son más eficientes que novillos pesados, y los novillos son más eficientes que las vaquillonas).

Para el caso de terneros destetados precozmente, con AF de 8% PV en pradera de *L. corniculatus* y suplementación de 1% PV, presentaron ganancias en torno a los 0,553 kg/día con una EC de 3,6 kg de concentrado por kg de carne producida (Simeone et al., 1997). Resultados similares fueron presentados por De León et al. (1998), quienes para la misma pastura con igual AF y nivel de suplementación, obtuvieron ganancias medias diarias de 0,517 kg/día con EC de 2,8 kg de concentrado por kg de carne producida. Cabe destacar que Simeone et al. (1997) suplementaron con una ración de destete precoz de 16% PC y en el trabajo de De León et al. (1998) el porcentaje de PC del concentrado fue de 19%. A su vez, el peso vivo inicial de los terneros fue 94,1 kg y 74,4 kg respectivamente.

Otro trabajo pero en pradera de *F. arundinacea*, *T. repens* y *L. corniculatus*, pastoreando en invierno con AF de 4% PV y suplementación de 0.5 % y 1% PV se logró ganancias de 0,650 kg/día y 0,844 kg/día con eficiencias de conversión de 2,41 y 3,01 kg de suplemento por kg de carne producida respectivamente. La respuesta obtenida puede atribuirse a la mejor calidad de la pastura en invierno (Beretta et al., 2013).

Elizalde, citado por Simeone et al. (2004), establece que cuando la respuesta a la suplementación en pastoreo se analiza en un contexto más amplio que la mera conversión de grano en carne durante la etapa de suministro, considerando aspectos tales como la posibilidad de consumir el forraje de primavera, o mayor disponibilidad de superficie para la agricultura, la respuesta a la suplementación puede mejorar un 20-30%.

2.5.3. Suplementación energética

En los sistemas de producción de carne sobre pasturas de calidad, las limitantes nutricionales más frecuentes se relacionan con deficiencias de energía (Latimori y Kloster, s.f.).

Los carbohidratos solubles en la dieta de los vacunos presentan marcada influencia sobre el proceso de fermentación en el rumen, dónde obtiene más del 70% de la energía digestible para producción y mantenimiento, y del 70 al 80% de la proteína que arriba al intestino en condiciones normales de alimentación (Elizalde y Santini, 1992).

El almidón es la principal fuente de energía utilizada en dietas de rumiantes para promover altos niveles de producción. Por lo tanto, la utilización óptima del mismo es fundamental para hacer eficiente el proceso productivo. Las principales fuentes de almidón en las dietas son los granos de cereales. La estructura, composición y sus interacciones con proteínas son los principales factores que determinan su digestibilidad y valor alimenticio del grano para los animales (Rooney y Pflugfelder, 1986). La utilización del almidón puede ser mejorada considerablemente con un adecuado procesamiento del grano (Theurer, 1996). Con respecto a esto Huntington (1997) establece que el almidón de los granos es mejor utilizado cuando es extensamente fermentado en rumen, ya que del almidón que llega al intestino delgado, el 45% no es absorbido como glucosa. En animales jóvenes el aporte de proteína metabolizable, cuando se suplementa con granos de cereales, podría aún ser insuficiente para lograr mayores ganancias de peso vivo.

2.5.4. Suplementación proteica

Los requerimientos de proteína aumentan con la intensidad y el tipo de producción animal. Estos requerimientos de proteína medidos como porcentaje en la dieta, son altos para animales en lactación (15-16%), intermedios para animales en crecimiento-engorde (12%) y bajos para animales en mantenimiento (8-9%, Pordomingo, 1999).

En animales de alta producción, la proteína microbiana como única fuente puede ser insuficiente para cubrir la demanda de producción, en tales casos, un suministro suplementario de proteína de alta calidad en el sitio de absorción puede incrementar la productividad (Astibia et al., 1984).

Entre un 80-90% de la proteína que llega al intestino delgado, en animales en pastoreo, lo hace bajo la forma de proteína microbiana, y en el total de esta es mucho mayor la participación de las bacterias que la de los protozoarios (Pordomingo, 1999).

La proporción de la proteína consumida que es digerida en rumen, en forrajes frescos, es del 80% al 90% (Beever y Siddons, 1986) y el producto final de esta digestión es el nitrógeno amoniacal (N-NH_3). Este puede ser captado por las bacterias y utilizado para la síntesis de proteína bacteriana (Sniffen y Robinson, 1987).

El nitrógeno de la dieta de los rumiantes puede provenir de proteínas verdaderas (vegetal o animal) o de nitrógeno no proteico (NNP). Las proteínas verdaderas son más efectivas en estimular el consumo y la digestión del forraje que el NNP, a pesar que este último es 100% degradable en rumen (Koster, Cochran, Delcurto, citados por Soto, 2007).

Las proteínas verdaderas además de nitrógeno aportan energía, azufre, aminoácidos, péptidos y esqueletos carbonados que tornan más eficiente los procesos de fermentación y crecimiento microbiano (Cochran, Siebert, citados por Soto, 2007), las fuentes de NNP aportan solo nitrógeno.

2.5.5. Balance energía-proteína

Para el uso eficiente de los nutrientes, es primordial lograr el balance de proteína metabolizable-energía a nivel tisular y proteína degradable en rumen (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. A nivel ruminal 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 (Mac Loughlin, 2010).

Viglizzo y Roberto, citados por Ochoa y Vidal (2004) indican que se logra un buen equilibrio cuando el animal logra ingerir una dieta que contiene alrededor de 50-60 gramos de PC por cada megacalorías de energía metabolizable aportada. Por encima o por debajo de ésta proporción, la producción tiende a disminuir, ya sea por exceso de proteína y déficit de energía, o por exceso de energía y déficit de proteína.

2.6. GRANO DE LUPINO

El lupino australiano (*L. angustifolius*) es una leguminosa anual-invernal originaria del Mediterráneo, el cual ha sido domesticado con el objetivo principal de disminuir la presencia de factores antinutricionales en el grano. Históricamente el principal país productor de lupino fue Australia (Van Barneveld, 1999), tendencia que se mantiene en la actualidad.

El lupino en Uruguay es un cultivo nuevo, el cual ha comenzado su expansión en los últimos años, favorecido por rotaciones de cultivos en campos agrícolas y el relativo bajo margen de ganancia obtenido con los cultivos de invierno tradicionales.

2.6.1. Composición nutricional

Como características del grano, se compone una gruesa testa que comprende aproximadamente el 20% del peso total del grano. Su contenido de almidón es muy bajo, con carbohidratos almacenados en forma de polisacáridos complejos en las paredes celulares de los cotiledones, y celulosa y hemicelulosa en la testa. El contenido de proteína cruda es en torno a 32 % y el contenido de aceite generalmente se sitúa entre 5 y 6%. El 10% del nitrógeno presente en el grano de lupino es de origen no proteico (Petterson, 2000).

Petterson (2000), establece que los carbohidratos en el grano son altos, pero no rápidamente fermentables en el rumen, por lo que el riesgo de acidosis es bajo. Esto hace que sea fácil introducir al lupino en dietas concentradas.

Mohamed y Rayas (1995) estudiando el perfil de polisacáridos del cotiledón y la cáscara del grano de lupino reportaron que el contenido de

polisacáridos no estructurales fue 36,9% de los cuales la mayoría eran insolubles en agua (79,9%).

La composición de los polisacáridos (no almidonosos), tiene al β -(1-4)-galactano como principal polisacárido, que consiste en una mezcla de D-galactosa, L-arabinosa, L-ramnosa y ácido galacturónico. El predominio del perfil de carbohidratos por β -galactanos (Carre et al., 1985) y la mayor proporción de hemicelulosa en el endosperma en comparación con la celulosa en la cáscara, da como resultado un patrón de fermentación que es menos rápido y menos propenso a conducir a la acidosis láctica (Van Barneveld, 1999).

El contenido de lípidos en el grano usualmente es menor a 6%, el cual se compone principalmente por ácido linoleico (37,1%), oleico (33,5), palmítico (11%) y linolénico (5,3%, Petterson, 2000). Nutricionalmente el contenido y composición de lípidos tiene influencia en la performance animal afectando la contribución de energía digestible y energía metabolizable de la dieta (Van Barneveld, 1999).

Petterson y Mackintosh (1994) proporcionaron estimaciones para la energía metabolizable (EM) de 13,4 MJ/kg MS (3,2 Mcal/kg) después de revisar varios estudios. El AFRC (1993) reporta un valor de EM de 14,2 MJ/kg MS (3,39 Mcal/kg).

La proteína del grano de lupino está compuesta por dos tipos, albúminas y globulinas, de la cual el 85% son globulinas y el resto albúminas (Blagrove y Gillespie, citados por Petterson, 2000). La fracción de globulinas contiene tres proteínas principales: conglutina δ , conglutina β y una proteína específica de lupinos llamada conglutina. Tienen un tamaño y propiedades físicas similares a la proteína de almacenamiento del guisante, la soja y otras leguminosas.

En cuanto al perfil de aminoácidos presenta un bajo contenido de metionina (0,2% del grano, 0,66 g/16 g N), cisteína (0,4% del grano, 1,3 g/16 g N) y lisina (1,46% del grano, 4,75 g/16 g N) lo que es típico de las leguminosas mientras que el contenido de arginina (3,6% del grano, 11,6 g/16 g N) es superior al de la mayoría de las otras leguminosas (Petterson, 2000).

La elevada degradación ruminal de la proteína, 81% (NRC,1996) suele ser una limitante de uso en vacas lecheras de alta producción (Titze et al., 2019). Para terneros de destete precoz Santamaría (1996), considera que, al cortar el suministro de proteína láctea y promover el consumo de forraje, este forraje debe estimular la producción de proteína microbiana, por lo que debe contener como mínimo 18% de PC, de la cual un tercio deberá ser PNDR.

Kibelolaud et al. (1993), determinaron que el proceso de extrusado al grano de *L. albus* es una alternativa factible para disminuir la alta degradabilidad ruminal. Constataron que el extrusado a 110, 130, 150 y 180 °C reduce la solubilidad ruminal de la PC en un 33, 48, 58, 68% respectivamente. De este modo se incrementó la disponibilidad de PNDR en el intestino así como también la degradabilidad total de la PC a lo largo de todo el tracto digestivo

En cuanto al procesamiento físico del grano Freer y Dove, citados por Petterson (2000), encontraron que el tamaño de partícula tiene efecto en la desaparición del nitrógeno en el rumen, donde el 85% del nitrógeno proveniente de granos finamente molidos y un 10% de nitrógeno de granos quebrados, desaparecen de las bolsas de nylon dentro del rumen luego de dos horas. Pasadas las 24 horas se perdió el 97 y 91% respectivamente. Pablo-Pérez et al. (2014), reportaron valores de degradación de PC en torno al 98% para harina de lupino. También relacionan el tamaño de partícula con el aumento de la tasa de degradación de la MS y la proteína. Sin embargo, dicho efecto podría ser atribuido a la mayor degradación de los azúcares utilizados en el metabolismo microbiano, favorecidos por el tipo de azúcares contenidos en el grano (Niwińska y Andrzejewski, 2011).

El procesamiento físico del grano de lupino mejoró su aceptación e ingesta por parte de las vacas lecheras y los terneros (Hough y Jacobs, citados por Petterson, 2000).

Por otro lado, Titze et al. (2019) concluyen que a pesar que los tratamientos físicos y químicos al grano de lupino son eficientes para disminuir la elevada degradabilidad ruminal de la PC, hay factores genéticos y ambientales que permitirían una mejora en el aspecto mencionado sin el incremento de costos ni dependencia de otros procesos.

En el cuadro 1 se presenta la composición nutricional del lupino reportada en una investigación nacional.

Cuadro 1. Composición química del grano de lupino en una investigación nacional

	Grano de lupino
MS (%)	90,32
PC (%)	33,22
NIDA (%) x 6,25	3,07
aFDNmo	34,20
FDAmo (%)	20
EE (%)	5,74
C (%)	4,88

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

Fuente: Bergós y Errandonea (2020).

2.6.2. Antecedentes en la alimentación de rumiantes

Fukamchi, citado por Van Barneveld (1999), evaluó la sustitución de harina de soja por grano de lupino escamado (flaked) en vacas lecheras, formulando las raciones para contener niveles iguales de MS, PC y proteína cruda digestible, permitiendo así igualar los aportes nutricionales al comparar el grano de lupino. En dicho estudio no se encontró diferencia en la producción ni composición de la leche. En muchos estudios con rumiantes, las respuestas positivas registradas cuando se adiciona grano de lupino son el resultado de un mayor suministro de nutrientes al animal.

Van Barneveld (1999), constata que hay pocos factores dentro del grano de lupino que puedan afectar negativamente la producción de rumiantes, no presentando limitantes en su inclusión en la dieta.

En un estudio realizado por Granzotto, citado por Rojas y Carrasco (1987), se observó en novillos Hereford que la inclusión de 20% de lupino en el ensilaje, permite incrementos diarios de peso vivo de 0,800 kg/día y eficiencias de conversión de 10 kg/kg.

Otros estudios con novillos Hereford de 7 a 8 meses de edad, determinaron que podían consumir raciones que contenían hasta 40% de lupino, sin observarse trastornos digestivos. En este experimento los novillos

fueron alimentados con ensilaje de pradera y suplementados con niveles crecientes de lupino (0, 10, 20, 30, 40%), determinando incrementos de peso vivo sostenidos de 0,074d, 0,550c, 0,714bc, 0,841ab, 0,965a kg/día ($P < 0,05$) respectivamente (Rojas y Carrasco, 1987).

Dentro de los trabajos de investigación de origen nacional, Bergós y Errandonea (2020) constataron que terneras de 8 meses de edad, pastoreando avena en su primer invierno de vida con una AF 5% obtuvieron ganancias de 0,520 kg/a/d, mientras que cuando fueron suplementadas al 1% con grano de lupino pasaron a ganar 0,950 kg/a/d con una respuesta a la suplementación de 0,430 kg/a/d y una EC de 5:1. Estos autores atribuyen esta ganancia a que se da un aporte balanceado en energía y proteína por parte del lupino, incrementando la cantidad de proteína cruda, pudiendo haberse cubierto los requerimientos de proteína metabolizable, consecuentemente, permitiendo la expresión de mayores ganancias de peso, sin importar el sitio en donde se degrada la proteína.

2.7. HIPÓTESIS

La sustitución de ración comercial para destete precoz por niveles crecientes de lupino no afecta la performance de terneros destetados precozmente suplementados sobre pradera permanente, siendo esta respuesta independiente del nivel de inclusión.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El trabajo fue realizado en el establecimiento comercial “Santa Luisa”, ubicado en el departamento de Soriano, a las cercanías de José Enrique Rodó, a 33° 39’58” latitud Sur y 57° 32’41” longitud Oeste.

El periodo de ejecución del experimento fue desde el 17 de enero hasta el 4 de mayo de 2020, periodo en el cual se incluye la fase de adaptación post-destete.

3.2. CLIMA

Uruguay presenta clima templado, presentando el departamento de Soriano una temperatura media anual de 17,3 °C, humedad relativa promedio anual de 73% y un promedio anual de precipitaciones de 1130 mm (INUMET, s.f.).

En el cuadro 2 se presenta la caracterización climática en base a registro histórico (1961-1990) para el periodo febrero-abril.

Cuadro 2. Promedio histórico de variables climáticas

	Febrero	Marzo	Abril
Temperatura media (°C)	23,3	20,9	17,2
Temperatura máxima (°C)	29,8	27,1	23,5
Temperatura mínima (°C)	17,2	14,8	11,3
Humedad relativa (%)	52,4	72	76
Precipitaciones (mm)	153	127	91

Fuente: INUMET (1996).

3.3. SUELOS

El experimento se realizó sobre suelos de la unidad La Carolina, dentro del grupo de suelo CONEAT 10.1, de relieve ondulado suave, con pendientes de 1 a 3 %. Los suelos corresponden a brunosoles éutricos típicos y vertisoles rúpticos típicos, a veces lúvicos, textura franco arcillo limosa, fertilidad muy alta y moderadamente bien drenados. Índice de productividad 219 (MGAP, s.f.).

3.4. PASTURAS Y SUPLEMENTO

Durante el experimento los animales pastorearon sobre una pradera permanente de segundo año a base de *F. arundinacea* consociada con *L. corniculatus* y *T. repens*. Se utilizó una superficie total de 3,6 hectáreas, la cual previo al inicio del experimento fue dividida mediante subdivisiones fijas en ocho parcelas de igual tamaño, todas con acceso *ad libitum* a agua y sombra.

El ingreso de los animales a pastoreo se realizó luego de 60 días de descanso de la pastura (posterior a la cosecha de festuca), con una disponibilidad general de 5780 kg MS/ha.

Como suplementos se utilizó una ración comercial para destete precoz 18% PC y grano quebrado de lupino.

En el cuadro 3 se especifica la composición química de la ración balanceada (anexo 1) y del grano de lupino.

Cuadro 3. Composición química de la ración balanceada y grano de lupino

Nutriente	Ración balanceada P18	Grano de lupino
Materia seca (%)	91,34	89,76
Ceniza (%)	11,24	3,52
Proteína cruda (%)	17,70	35,54
aFDNmo (%)	33,88	33,32
FDAmo (%)	13,40	20,17

Fibra detergente neutro con amilasa y corregido por cenizas (aFDNmo) y fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDAmo).

3.5. ANIMALES

Se utilizaron 40 terneros/as raza Hereford seleccionados de un rodeo propio del establecimiento, con 90 días aproximadamente de edad y un promedio de $81,15 \pm 8,83$ kg de PV al momento del destete. El manejo de los mismos al destete y durante la transición a la dieta sólida se realizó conforme al protocolo de manejo de terneros de destete precoz descrito por Simeone y Beretta (2002).

3.6. TRATAMIENTOS

Los animales fueron sorteados a 8 grupos previa estratificación por sexo y peso, y estos grupos fueron luego asignados al azar a cuatro tratamientos, difiriendo el nivel de inclusión del grano de lupino en el suplemento en sustitución de ración balanceada P18: 0%, 33%, 66% o 100% de lupino.

Cada tratamiento fue suplementado de acuerdo al nivel de sustitución gradual de ración comercial por grano de lupino.

Cuadro 4. Composición química del suplemento difiriendo en el nivel de sustitución de ración P18 por lupino

	0% lupino	33% lupino	66% lupino	100% lupino
Materia seca (%)	91,34	90,72	90,20	89,76
Proteína cruda (%)	17,70	23,62	29,57	35,54
aFDNmo (%)	33,88	33,65	33,47	33,32
FDAmo (%)	13,40	15,64	17,89	20,17
Cenizas (%)	11,2	8,65	6,07	3,52

Fibra detergente neutro con amilasa y corregido por cenizas (aFDNmo) y fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDAmo).

Cada tratamiento quedó integrado por 2 repeticiones, cada repetición conformada por 5 animales, pastoreando una parcela independiente.

3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La pradera fue pastoreada con una asignación de forraje de 8% (kg MS/100 kg PV), realizando franjas semanales y regulando el área de la parcela mediante alambrado eléctrico, en base a la MS disponible y al último peso vivo promedio registrado para cada tratamiento.

La inclusión de concentrado fue a razón del 1% de PV, ajustada la cantidad (kg/d) cada 14 días según la evolución de peso de los animales en

cada tratamiento, y suministrado diariamente en la parcela a las 10:30 horas. El tamaño de los comederos se diseñó respetando 30 cm de frente de ataque por animal.

Previo al inicio del experimento, y una vez finalizado el periodo de transición a la dieta sólida (17/01/20-27/01/20) todos los terneros estaban consumiendo el 1% de PV de ración balanceada P18. Seguidamente, con los animales en sus respectivos tratamientos, se continuó con la adaptación al consumo de lupino (en los tratamientos que así lo requerían), incrementando su inclusión de a 0,2 kg/a/d (en base seca) en sustitución de la ración comercial. El periodo experimental propiamente dicho comenzó el 01/02/20 y se extendió hasta el 04/05/20.

3.8. MANEJO SANITARIO

El manejo sanitario que se llevó a cabo se especifica en el cuadro 5.

Cuadro 5. Manejo sanitario

Fecha	Vacuna	Producto comercial
10/01/20	Vacuna anti-viral	Feedlot
10/01/20	Vacuna clostridios	Clostrisan
10/02/20	Vacuna anti-viral (revacunación)	Feedlot
24/02/20	Vacuna clostridios	Clostrisan

Cabe destacar que semanalmente se realizó el monitoreo de queratoconjuntivitis, aplicando a los animales enfermos tilmicosina vía subcutánea y subconjuntival.

3.9. REGISTROS Y MEDICIONES

3.9.1. Animales

Los animales fueron pesados cada 14 días, con balanza electrónica, temprano en la mañana, sin ayuno, ni orden de ingreso predeterminado, mezclados todos los tratamientos. La ganancia diaria fue estimada a partir de la regresión de peso vivo en el tiempo.

La altura al anca fue determinada 4 semanas post inicio del experimento y al fin del periodo experimental.

3.9.2. Mediciones y muestreo en la pastura

3.9.2.1. Biomasa de forraje para el ajuste de la oferta

Se estimó semanalmente mediante la técnica de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975), asignando una escala de tres puntos y su repetición, en función de la cantidad de biomasa aérea disponible.

En la superficie estimada a realizar la nueva franja fueron tirados 50 cuadros para la asignación de puntaje (asignando de a un punto por la buena uniformidad de la pastura). Las muestras de las escalas se cortaron al ras del suelo utilizando un cuadro de 30 x 30 cm, y fueron secadas en estufa (60 °C por 48 horas, hasta peso constante) para la determinación del peso seco de forraje contenido en cada cuadro. Previo al corte se estimó por apreciación visual la proporción de restos secos, leguminosas y suelo desnudo. Las muestras secas en cada fecha de muestreo, fueron molidas y combinadas en una única muestra compuesta, ponderando el peso por la frecuencia relativa de aparición de cada punto de la escala. Esta muestra fue conservada para posterior análisis químico.

3.9.2.2. Altura del forraje disponible

La altura del forraje fue registrada en 5 puntos de la diagonal del cuadro en cada punto de la escala. La altura se determinó con regla registrando el punto de la hoja viva más alta que toca la regla (sin extender).

3.9.2.3. Biomasa y altura del forraje rechazado

Fue estimada mediante la misma metodología que para el ofrecido, luego de que los animales ingresaban a una nueva parcela.

3.9.2.4. Consumo de forraje (método agronómico = forraje desaparecido)

El consumo de forraje en cada parcela se estimó a partir del forraje desaparecido (ofrecido - rechazo) y el cálculo de la utilización del forraje (%)= $\text{biomasa de forraje desaparecido} / \text{biomasa ofrecida} * 100$. CMS (kg/100 kg peso vivo)= $\text{forraje ofrecido} * \text{utilización de forraje}$.

3.9.2.5. Consumo de suplemento

Se estimó en cada parcela como la diferencia entre la cantidad ofrecida y rechazada. El suplemento se muestreó cada 14 días (ración y lupino por

separado, coincidiendo con la fecha de pesada y medición del consumo de forraje) para la determinación del contenido de materia seca. Las muestras se conservaron para posterior análisis químico.

3.9.2.6. Comportamiento ingestivo e indicadores de estrés térmico

El patrón de comportamiento ingestivo fue caracterizado, en los días 2, 4 y 6 de las semanas 4 y 8, mediante observación directa de los animales y registro de la actividad de pastoreo (tasa de bocado), rumia, descanso, acceso a comedero y bebederos. Los registros se tomaron cada 15 minutos durante el periodo de horas luz.

En los mismos días que se realizó el comportamiento ingestivo, a las 7:00 y a las 14:00 horas se registró la tasa respiratoria y se asignó un score de jadeo por apreciación visual de los movimientos del flanco del animal y del patrón respiratorio individual, variando entre cero y tres (Mader et al., 2006).

Durante estas semanas, se estimó el patrón diario de defoliación registrando cada 24 horas la altura de forraje en 50 puntos por parcela. Al finalizar la semana, se tomaron muestras del forraje consumido en cada parcela mediante la técnica de “hand clipping”, procurando simular el pastoreo realizado por los animales en área adyacente sin pastorear. Estas muestras fueron secadas en estufa (60 °C por 48 horas), molidas y almacenadas, para posterior análisis químico.

3.9.3. Registros climáticos

Durante el periodo experimental se tomaron registros diarios de temperatura media diaria, mínima y máxima, HR y precipitaciones.

3.9.4. Análisis químicos

Las muestras forraje ofrecido por fecha de muestreo se combinaron en una muestra compuesta para el periodo experimental.

Las muestras de suplemento, y “hand clipping”, fueron combinadas en una muestra compuesta por parcela para todo el periodo experimental (manteniendo respaldo de las muestras por fecha). Todas las muestras de forraje fueron molidas en molino de martillo “Wiley Mill”.

Las mismas fueron enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal para la determinación del contenido de MS, PC, cenizas, fibra detergente neutro con amilasa (aFDNmo) y fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDAmo).

El contenido de MS fue obtenido mediante el secado de la muestra a 105°C. La ceniza se determinó como residuo de la incineración de la muestra a 600°C durante 3 horas según la recomendación de AOAC del año 2007. Para obtener el valor de PC se multiplicó la concentración de nitrógeno (método Kjeldahl) por el factor 6,25, el cual expresa la relación porcentual de nitrógeno en la proteína (16%), asumiendo que todo el nitrógeno está bajo forma proteica. La determinación de FDN y FDA se realizó según la técnica descrita por Van Soest et al. (1991).

3.10. VARIABLES CALCULADAS

En base a las variables climáticas se realizó el cálculo de ITH mediante la fórmula de Armstrong (1994), $ITH = (1,8 \times Ta + 32) - (0,55 - 0,55 \times HR/100) \times (1,8 \times Ta - 26)$.

El aporte de EM se estimó de manera diferencial para forraje y concentrado, utilizando la fórmula de Menke et al. (1978), $EM \text{ (Mcal/kg MS)} = 3,20 - 0,028 \times \%FDA$ para el forraje, y la ecuación de Menke y Steingass (1988), $EM \text{ (Mcal/kg MS)} = 3,5 - 0,035 \times \%FDA$, para el aporte del concentrado.

La digestibilidad de la materia seca (DMS) fue calculada a través de la ecuación de Di Marco (1993), $DMS \text{ (\%)} = 88,9 - (\%FDA \times 0,779)$.

3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado según diseño de parcelas al azar con medias repetidas, considerando como unidad experimental el grupo de 5 animales pastoreando una parcela independiente. A continuación se describen los modelos utilizados según la variable de respuesta.

Peso vivo analizado con medidas repetidas en el tiempo.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \epsilon_{ij} + M_k + (\alpha M)_{ik} + \delta_{ijk}$$

Donde,

Y_{ijk} : peso vivo (kg).

μ : media poblacional (peso vivo).

α_i : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

β : coeficiente de regresión.

X_{ij} : valor de covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

\bar{X} : media de la covariable (PV inicio).

ϵ_{ij} : error experimental del i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

M_k : efecto relativo del k-ésimo momento de medición del peso vivo.

$(\alpha M)_{jk}$: efecto relativo de la interacción entre los efectos del i-ésimo tratamiento y k-ésimo momento de medición.

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

Como coeficiente de regresión se obtuvo la GMD de cada tratamiento, las cuales se compararon mediante contrastes.

Peso vivo analizado por fecha de pesada, eficiencia de conversión.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \epsilon_{ij}$$

Donde,

Y_{ijk} : peso vivo (kg); eficiencia de conversión.

μ : media poblacional (peso vivo).

α_i : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

β : coeficiente de regresión.

X_{ij} : valor de covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

\bar{X} : media de la covariable (PV inicio).

ϵ_{ij} : error experimental del i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

Consumo de forraje, suplemento y total, biomasa de forraje ofrecido y rechazado, altura del forraje ofrecido y rechazado, utilización del forraje, patrón de defoliación diario dentro de la semana de permanencia en la parcela.

Se analizaron las variables de consumo de MS de forraje, suplemento y total expresadas en kg/a/día con el peso vivo inicial como covariable.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij} + M_k + (\alpha M)_{ik} + \delta_{ijk}$$

Donde,

Y_{ijk} : consumo de forraje, suplemento, MS total (kg/a/día y % PV), biomasa de forraje (kg/ha), altura (cm) y utilización (%), defoliación y consumo de suplemento diario (kg/d).

μ : media poblacional (consumo).

α_i : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

ϵ_{ij} : error experimental del i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

M_k : efecto relativo del k-ésimo momento de medición del consumo.

$(\alpha M)_{ik}$: efecto relativo de la interacción entre los efectos del i-ésimo tratamiento y k-ésimo momento de medición.

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

Comportamiento animal, expresado como la probabilidad de ocurrencia de las diferentes actividades.

$$\ln(P/(1-P)) = \mu + \alpha_i + S_j + D_k + (\alpha S)_{ij} + (\alpha D)_{ik}$$

Donde,

P: probabilidad de ocurrencia de la actividad.

M: media poblacional.

α_i : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

S_j : efecto relativo de la semana en que se realizó la medición.

D_k : efecto relativo del día en que se realizó la medición.

$(\alpha S)_{ij}$: efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y la j-ésima semana de medición.

$(\alpha D)_{ik}$: efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el k-ésimo día de medición.

El análisis estadístico de los resultados se realizó utilizando el paquete estadístico informático SAS. Cuando el efecto de tratamiento fue significativo,

fueron examinados los contrastes lineal y cuadrático asociados al nivel de inclusión de lupino en el suplemento. Un efecto fue considerado significativo cuando la probabilidad de error tipo I fue menor a 0.05.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TEMPERATURA Y PRECIPITACIONES

En el cuadro 6 se presenta la temperatura, precipitaciones y humedad relativa que se registraron a lo largo del periodo experimental.

Cuadro 6. Temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa promedio mensual, precipitaciones acumuladas durante el periodo experimental e ITH

	Febrero	Marzo	Abril
Temperatura media (°C)	22,7	23,9	17,9
Temperatura máxima (°C)	29,4	30,8	24,3
Temperatura mínima (°C)	16	17	11,6
Humedad relativa (%)	52,4	53,4	55,9
Precipitaciones (mm)	87	47	115
ITH	69	70	62

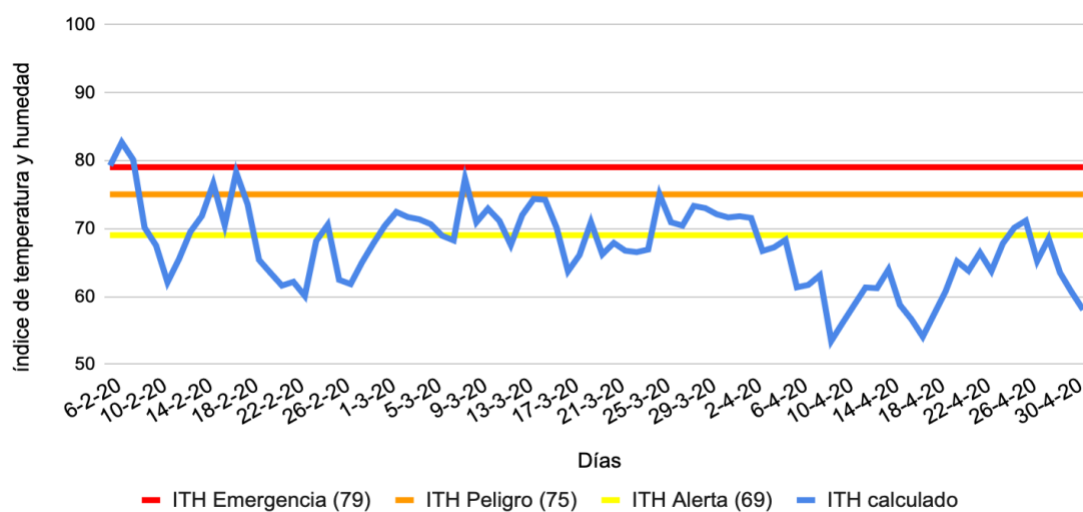
Las temperaturas media, máxima y mínima fueron en el mes de febrero inferiores a la media histórica, mientras que para los meses de marzo y abril fueron superiores a la misma (1961-1990) presentada en el cuadro 2.

El rango de temperatura ambiental de confort o comodidad térmica según González, citado por Leños (2008), es entre 6 °C y 21 °C. Es donde el vacuno obtiene sin gasto de energía adicional, por los mecanismos termorreguladores, el ajuste de temperatura interna.

Villegas, citado por Leños (2008), indica que la posibilidad de golpe de calor se presenta cuando la temperatura se mantiene por encima de los 30 °C, con una humedad superior a 70% por un periodo prolongado. En estos casos, cuando el animal se ve imposibilitado de eliminar rápidamente calor, disminuye el consumo de materia seca, debido a esto se ve condicionada la ganancia de peso, con lo que se afecta la productividad de los rodeos. Si el fenómeno se agudiza, el animal aumenta la frecuencia respiratoria y cardíaca hasta un límite fisiológico que puede derivar en el colapso cardiorrespiratorio y muerte.

Es de importancia destacar que durante el periodo experimental las temperaturas máximas superaron los 30 °C, registrando en el mes de febrero máximas de 38 °C, que, combinados con la humedad relativa registrada, constatan condiciones predisponentes al estrés calórico en bovinos de carne.

En la figura 2, puede observarse la evolución diaria del ITH, calculado con la temperatura media diaria. Durante el periodo experimental el 34% de los días sobrepasaron el nivel de alerta, y 3,5% sobrepasaron el límite de peligro y emergencia (Thorn, citado por Huertas et al., 2020). Cabe destacar que para el cálculo no se tomaron en cuenta importantes factores climáticos como la radiación solar y la velocidad del viento, ni factores de manejo productivo o genotipo animal.



$$ITH = (1,8 \times Ta + 32) - (0,55 - 0,55 \times HR/100) \times (1,8 \times Ta - 26)$$
, donde Ta: temperatura media (Armstrong, 1994).

Figura 2. Índice de temperatura y humedad diario para todos los días del experimento

En cuanto a las precipitaciones acumuladas (figura 3), estas fueron inferiores a la media histórica, siendo abril el único mes en superar la media histórica mensual.

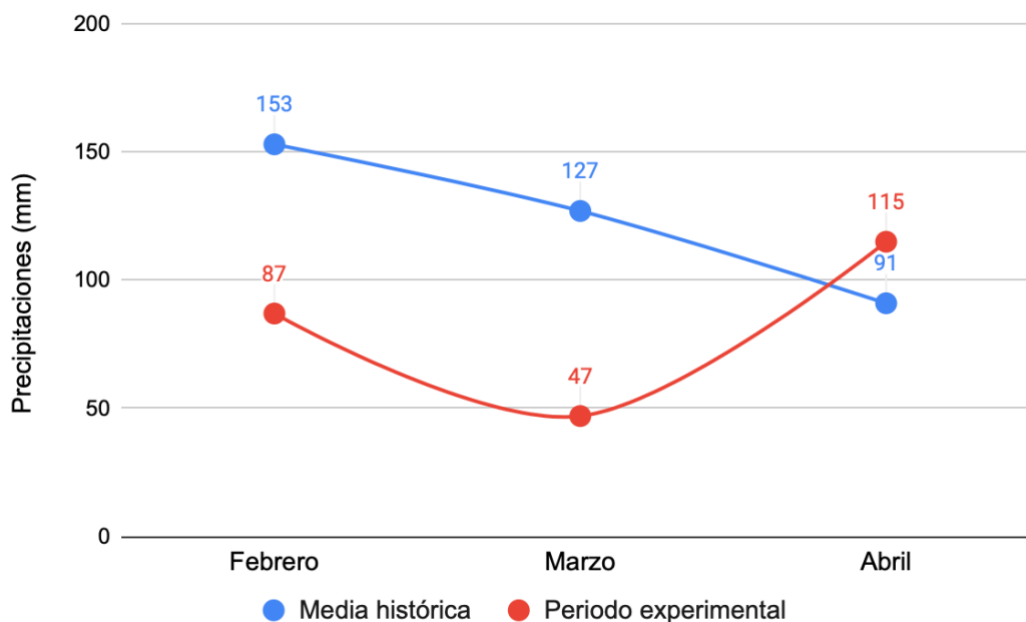


Figura 3. Precipitaciones históricas y ocurridas durante el periodo experimental

En base a lo analizado anteriormente, el periodo en evaluación se caracterizó por ser seco y con temperaturas superiores a la media historica.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA

4.2.1. Composición química

El forraje ofrecido durante el experimento presentó en promedio para el periodo de pastoreo 9,83% de cenizas, 8,83% de proteína cruda, 63,25% de fibra detergente neutro con amilasa y corregido por cenizas y 37,68% fibra detergente ácido corregida por cenizas. El valor de digestibilidad de la materia seca del forraje fue 59,5% y el valor de energía metabolizable fue 2,14 Mcal/ kg MS

Sin embargo, se observa una mejora en el aporte proteico del forraje seleccionado por los teneros, respecto al ofrecido, no detectando diferencias debidas al nivel de inclusión de lupino en el suplemento (cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto del nivel de sustitución de ración P18 por lupino como suplemento para terneros de destete precoz sobre la calidad del forraje seleccionado por terneros pastoreando pradera mezcla (valores promedio del experimento)

	Nivel de inclusión de lupino*				P valor
	0 %	33 %	66 %	100 %	
PC (%)	10,1	9,2	10,5	10,4	ns
FDA (%)	37,6	37,5	35,6	39,6	ns
DMS (%)	59,6	59,7	61,2	58,0	ns
EM (Mcal/kg MS)	2,2	2,2	2,2	2,1	ns

* Nivel de inclusión de lupino en el suplemento en sustitución de ración balanceada 18% proteína PC= proteína cruda; FDA= fibra detergente ácido; DMS= digestibilidad de la materia seca; EM= energía metabolizable; ns: no significativo ($P>0,05$). EM forraje (Mcal/kg MS) = $3,20 - 0,028 \times \%FDA$ (Rohweder et al., 1978). DMS (%) = $88,9 - \%FDA \times 0,779$ (Di Marco, 1993).

4.2.2. Variables estructurales

Las variables biomasa disponible, biomasa seca, altura de entrada y biomasa de rechazo no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre tratamientos. La variable altura del remanente mostró una tendencia ($p=0,088$) a aumentar conforme aumentó la inclusión del grano de lupino en la dieta (cuadro 8).

Para todas las variables se observó efecto significativo de la semana (figura 4 y 5) y de la interacción tratamiento por semana ($P<0,05$, anexo 2).

Con respecto a la biomasa disponible el efecto significativo tratamiento por semana se asocia básicamente al tratamiento de nivel de inclusión de 33% de lupino en las semanas 3, 4 y 6, presentando una disponibilidad inferior al resto de los tratamientos, pero superior a 4000 kg MS/ha.

La biomasa de rechazo presentó variaciones puntuales en las semanas 5 y 7, asociando mayor cantidad de forraje rechazado al tratamiento 100% con respecto a 33 y 66%. El tratamiento 0% tuvo similar respuesta al tratamiento 100% en la semana 7, presentando el menor registro de rechazo el tratamiento 33% .

Cuadro 8. Efecto del nivel de inclusión de lupino en la suplementación sobre las variables de la pastura: biomasa total, seca y verde disponible, biomasa y altura remanente y utilización promedio del periodo experimental

	Nivel de inclusión de lupino*				P valor
	0 %	33 %	66 %	100 %	
Biomasa disponible (kg MS/ha)	4841	4508	5707	4782	ns
Biomasa seca (kg MS/ha)	1864	1733	1809	1833	ns
Biomasa verde (kg MS/ha)	2977	2775	3897	2949	
Altura entrada (cm)	23,5	22,3	22,6	23,5	ns
Biomasa remanente (kg MS/ha)	2218	2210	2167	2342	ns
Altura remanente (cm)	11,9	11,9	12,0	13,7	ns
Utilización (%)	50,6a	47,8bc	49,9ab	47,3c	**

* Nivel de inclusión de lupino en el suplemento en sustitución de ración balanceada 18% proteína. Pastoreo franja semanales, con oferta de forraje de 8 kg MS/100 kg de peso vivo. Suplementación diaria a razón de 1% del PV. Biomasa verde (kg MS/ha) calculado como la diferencia entre biomasa disponible (kg MS/ha) y biomasa seca (kg MS/ha).
a, b: medidas en la misma fila seguidas de letras distintas difieren significativamente (P<0,05). Referencias: ns= probabilidad>0.05; *= P<0.05, **=P<0,01.

El promedio de biomasa disponible a lo largo del periodo experimental fue 4960±518 kg MS/ha, constatándose los valores mínimos de disponibilidad en las semanas 11,12 y 13 (figura 4).

Cabe destacar que las semanas 10, 11 y 12 se realizó un segundo pastoreo de la franja y el aumento del forraje disponible en la semana 13 se debe al cambio del sitio de pastoreo, presentando la pastura las mismas condiciones de manejo y composición botánica.

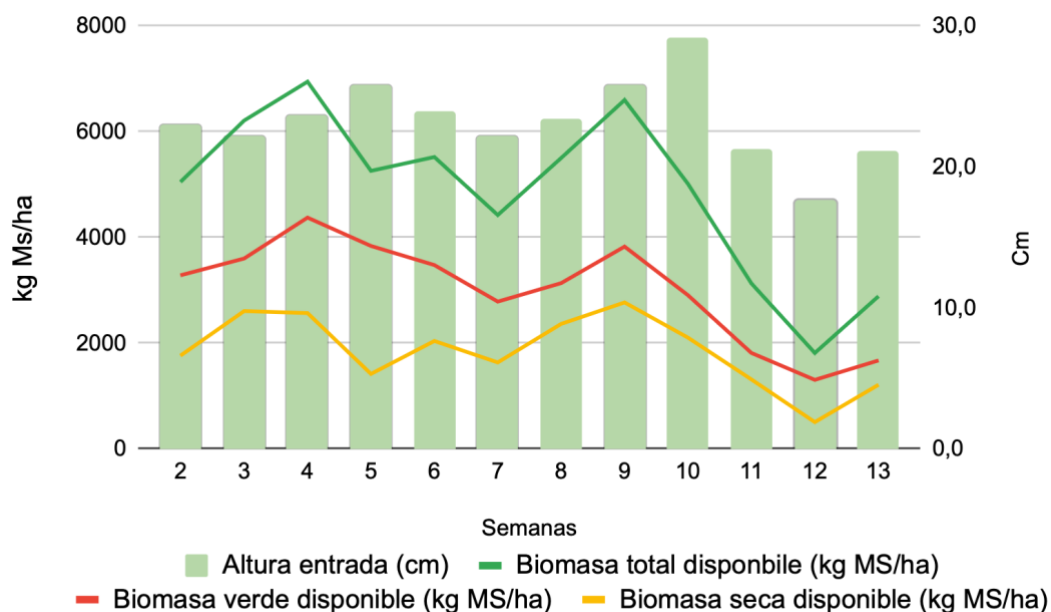


Figura 4. Biomasa total disponible, biomasa verde disponible, biomasa seca disponible y altura de entrada semanal a lo largo del periodo experimental

La biomasa seca disponible no presentó diferencia significativa entre tratamientos ($p=0,1286$), pero si en el efecto semana y la interacción tratamiento*semana ($p<0,0001$ y $0,0285$ respectivamente). La semana 6 fue la única que presentó diferencia significativa entre tratamientos (anexo 2).

Con respecto a la altura de entrada no hubo diferencia entre tratamientos ($p=0,1881$), pero si cuando se comparó entre semanas y su interacción con los tratamientos ($p<0,0001$ y $0,0133$ respectivamente).

La variación de la altura si bien tiende a aumentar a mayor biomasa disponible, dicho comportamiento es variable entre semanas, coincidiendo con lo citado por Lescano (1984), quien califica a dicha estimación como un método de baja exactitud, pudiendo ser mayor a medida que se aumenta el número de mediciones.

Como ocurrió con la biomasa de forraje a la entrada de la parcela, el remanente varió según la semana ($p= <0,0001$), tomando un valor promedio de 2234 ± 75 kg MS/ha, siendo éste más importante en la semana 2 y 3, pudiendo adjudicarse este comportamiento a un menor consumo de forraje.

El menor valor de biomasa de rechazo se observó en la semana 12, en la cual se presentó el valor más bajo de biomasa disponible (figura 5).

En cuanto a la altura del forraje remanente, se observó una diferencia entre semana y tratamiento*semana ($p < 0,0001$ y $p = 0,0120$ respectivamente).

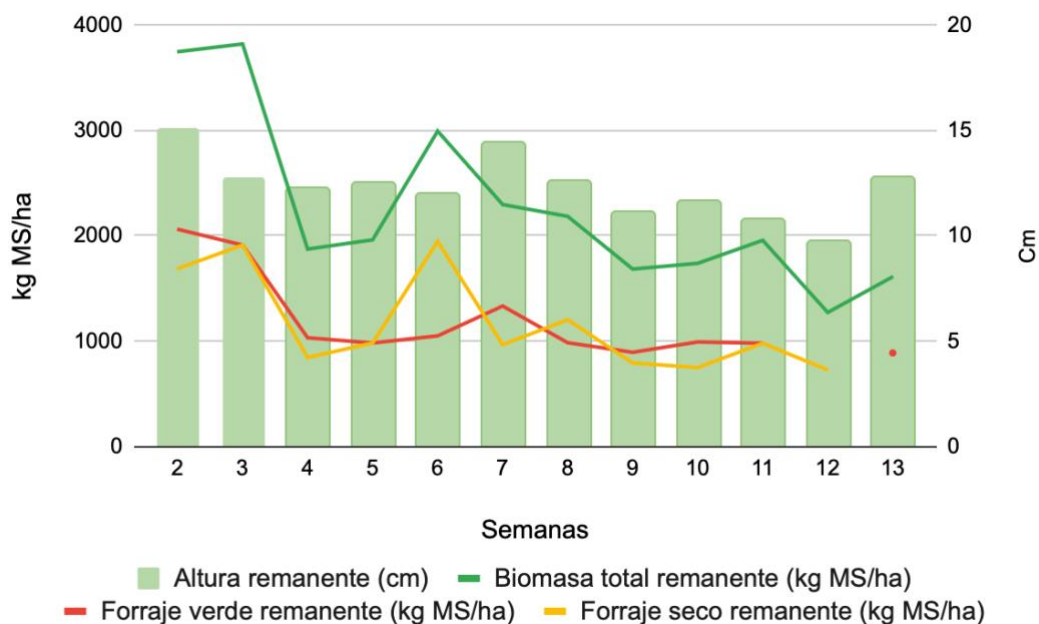


Figura 5. Biomasa total remanente, biomasa verde remanente, biomasa seca remanente y altura de salida semanal a lo largo del periodo experimental

En la figura 6 se presenta la utilización del forraje ofrecido por tratamiento, medido como la proporción del forraje desaparecido en relación al forraje disponible previo al pastoreo. La misma presentó diferencia significativa entre tratamientos ($p = 0,0019$), entre semana ($p < 0,0001$) y en la interacción tratamiento*semana ($p = 0,0023$).

En las semanas 3, 6 y 12 se presentó una respuesta diferencial entre tratamientos, adjudicando a dichas semanas los valores mínimos de utilización al tratamiento 33%.

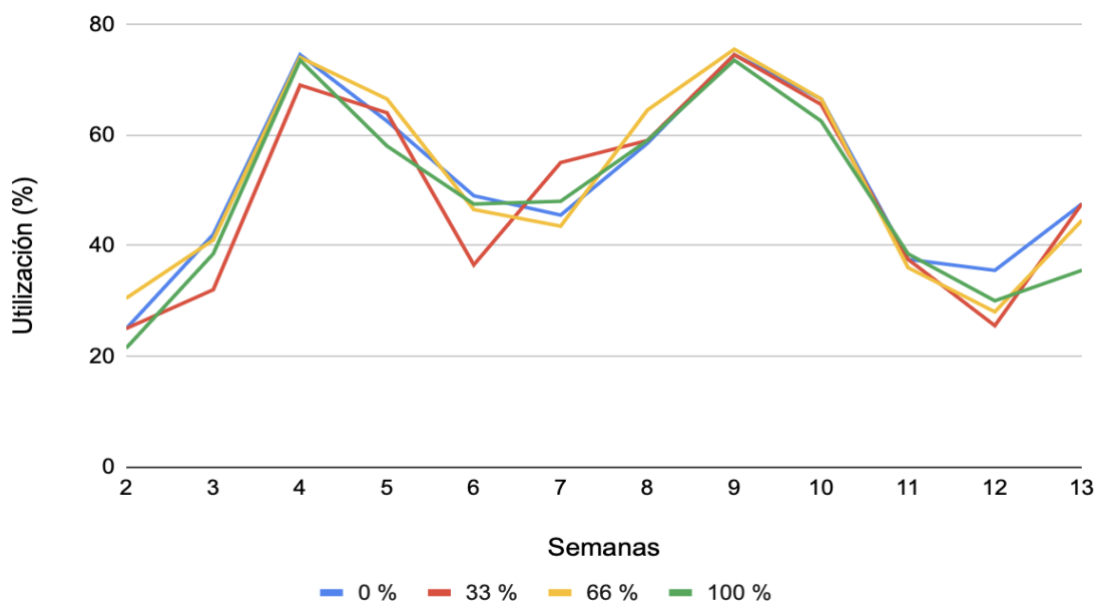


Figura 6. Evolución semanal de la utilización del forraje en los distintos tratamientos medida en porcentaje

4.3. CONSUMO

En el cuadro 9 se presenta el consumo diario de MS de suplemento, de forraje y el consumo total, expresado en kg por animal por día y como porcentaje del peso vivo (anexo 3).

Todos los tratamientos consumieron la totalidad del suplemento ofrecido, sin presentar rechazo.

Cuadro 9. Efecto del nivel de inclusión de lupino en el consumo diario de MS de suplemento, forraje y total

	Nivel de inclusión de lupino*				P valor		
	0%	33%	66%	100%	T	S	TxS
CMSS (kg/a/d)	1,19	1,14	1,11	1,13	ns	**	**
CMSF (kg/a/d)	4,97 a	4,46 b	4,48 b	4,38 b	**	**	**
CMST (kg/a/d)	6,16 a	5,60 b	5,60 b	5,51 b	**	**	**
CMSF (%PV)	4,22a	3,98 b	4,12 ab	3,96 b	**	**	**
CMST (%PV)	5,22a	4,98 b	5,12 ab	4,96 b	**	**	**

*Nivel de inclusión de lupino en el suplemento en sustitución de ración balanceada 18% proteína. CMSS= consumo materia seca del suplemento (kg/animal/día); CMSF= consumo materia seca de forraje (kg/animal/día); CMST= consumo materia seca total (kg/animal/día). a, b: medidas en la misma fila seguidas de letras distintas difieren significativamente. Referencias: ns= probabilidad>0.05; *= P<0.05, **=P<0,01.

4.3.1. Consumo de suplemento

El consumo promedio de suplemento expresado en kg/a/d no presentó diferencias entre tratamientos ($p>0,05$), si presentando diferencias significativas debidas a la semana ($p<0,0001$) y a la interacción de tratamiento*semana ($p=0,0071$).

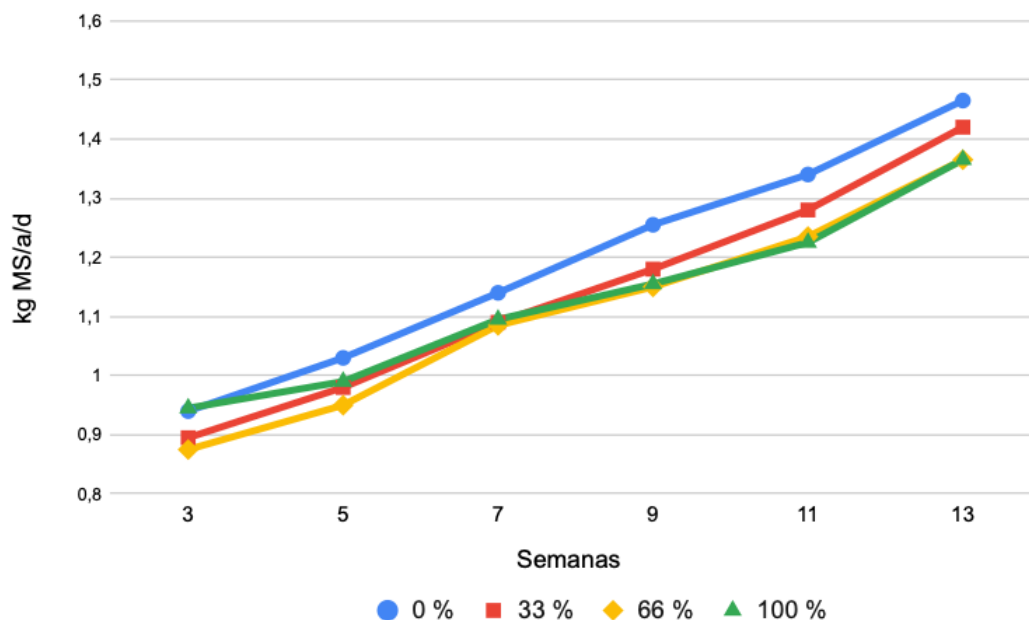


Figura 7. Evolución semanal del consumo de materia seca de suplemento según niveles de inclusión de lupino

4.3.2. Consumo de forraje

Para la variable consumo de forraje expresado en kg/a/d, se observó un efecto significativo del tratamiento ($p < 0,0001$), de la semana ($p < 0,0001$) y de la interacción tratamiento por semana ($p = 0,0007$).

La variación en el consumo no siempre está asociada a la disponibilidad de forraje de entrada, tal como se observa en la semana 5 y 6 de la figura 8, donde la disponibilidad de forraje de entrada supera los 5000 kg MS/ha y el consumo disminuye, constatando además que la biomasa verde supera los 3500 kg MS/ha (figura 4).

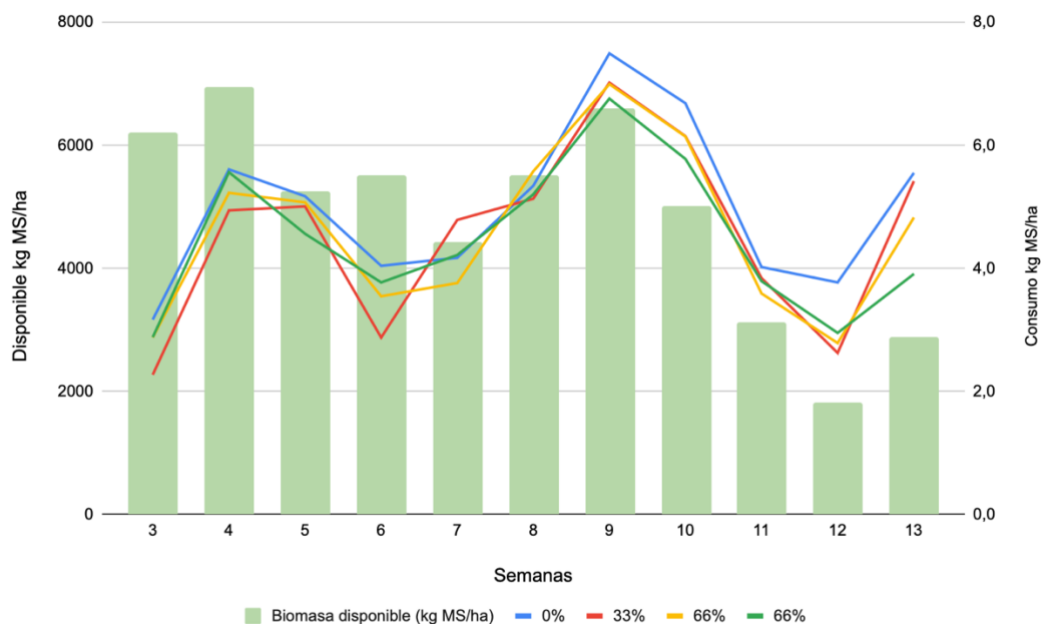


Figura 8. Disponibilidad y consumo diario de forraje de cada tratamiento según semanas de estimación del consumo

4.3.3. Consumo de materia seca total

El consumo de materia seca total, en el que se incluye el consumo de forraje y suplemento (kg/a/d) presentó diferencia significativa tanto entre tratamientos ($p=0,0092$) como entre semanas ($p<0,0001$), y en su interacción tratamiento * semana ($p=0,0009$).

El consumo de materia seca total fue mayor en el tratamiento en el que no se incluyó lupino (figura 9). En aquellos tratamientos donde sí se incluyó, el consumo fue inferior independiente del nivel de inclusión.

La diferencia estadística observada se adjudicaría principalmente al consumo de forraje, dado que el consumo de suplemento no presentó diferencia entre tratamientos.

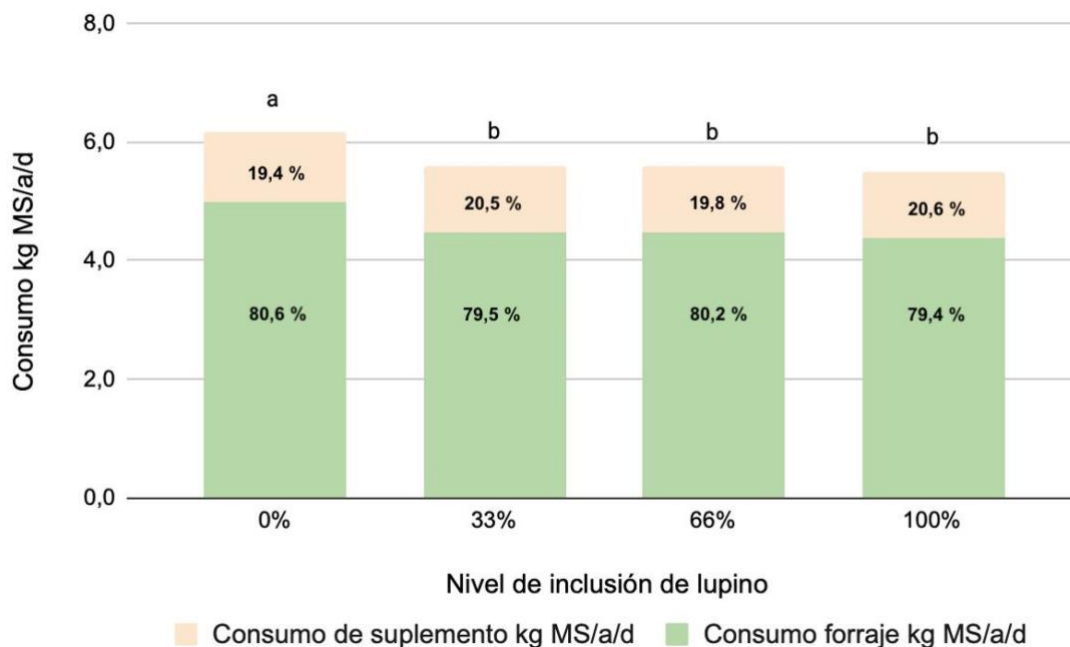


Figura 9. Consumo de materia seca total (kg MS/a/d), representando el aporte relativo del forraje y del suplemento en cada tratamiento

4.3.4. Aporte de nutrientes

En el cuadro 10 se presenta la contribución relativa de PC y EM aportada por el suplemento y el forraje.

El incremento gradual de lupino en la dieta tuvo efecto positivo en el aporte de PC, mientras que la variación en el aporte de PC por parte del forraje estuvo asociada a la variación de PC del mismo (cuadro 7) y a su vez a la variación en el consumo del forraje (cuadro 9).

La EM aportada por el suplemento presentó variaciones asociadas a la proporción que representa de la dieta total, en cambio la variación en la EM aportada por el forraje se debe a un menor consumo del mismo, a medida que se incrementó el nivel de inclusión de lupino.

Cuadro 10. Aporte relativo de proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) de la dieta

	Nivel de inclusión de lupino*			
	0 %	33 %	66 %	100 %
PC suplemento (%)	3,4	4,8	5,9	7,3
PC forraje (%)	8,1	7,3	8,4	8,3
PC total (%)	11,6	12,1	14,4	15,6
EM suplemento (Mcal/kg MS)	0,68	0,71	0,69	0,72
EM forraje (Mcal/kg MS)	1,77	1,75	1,76	1,67
EM total (Mcal/kg MS)	2,45	2,46	2,46	2,39

*Nivel de inclusión de lupino en el suplemento en sustitución de ración balanceada 18% proteína. PC= Proteína cruda; EM= Energía metabolizable. Datos estimados a partir del peso relativo del consumo de forraje y suplemento en la dieta total.

4.4. CRECIMIENTO DEL TERNERO

En el cuadro 11 se presenta la respuesta de los distintos tratamientos en las variables peso vivo final, altura final, GMD y EC (anexo 4).

Cuadro 11. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre el crecimiento del ternero y la eficiencia de conversión del alimento (promedio en el periodo experimental durante 90 días)

	Nivel de inclusión de lupino*				P valor
	0 %	33 %	66 %	100 %	
Peso vivo inicial (kg/a)	87,2	84,4	82,3	86,6	ns
Altura inicial (cm)	87,6	86,7	86,3	86,2	ns
GMD (Kg/a/d)	0,77	0,80	0,72	0,67	ns
Peso vivo final (kg/a)	157,8	157,4	148,4	148,3	ns
Altura final (cm)	94	93,5	92,9	92,4	ns
EC	7,5	6,9	7,9	8,0	ns

*Nivel de inclusión de lupino en el suplemento en sustitución de ración balanceada 18%

proteína. GMD= Ganancia media diaria (Kg/ animal/ día); EC= Eficiencia de conversión. Referencias: ns $P>0.05$; * $P<0.05$, ** $P<0.01$.

El peso vivo inicial no presentó diferencias entre tratamientos ($p>0,05$), lo que es importante dado que al partir de un lote de animales homogéneos se tiende a disminuir el error experimental.

Con respecto a la altura al anca inicial y final la misma no presentó diferencia significativa entre tratamientos ($p>0,05$).

La ganancia diaria obtenida en el tratamiento 0% supera la reportada por Beretta et al. (2012), para terneros destetados precozmente de similares características a las del presente experimento del orden de los 0,600 kg/a/d.

Si bien el efecto de los tratamientos no fue significativo, se observó una tendencia ($p=0,0843$) a disminuir la ganancia diaria conforme aumentó el nivel de inclusión.

La EC no presentó diferencia significativa entre tratamientos ($p>0,05$), registrándose valores medios por tratamiento que se presentan en el cuadro 11. Valores similares obtuvieron Henderson et al. (2015), experimentando con terneros de destete precoz, suplementados al 1% de PV con ración de 18% de PC en el verano, sobre pradera de *C. intybus* y *T. pratense*, reportando EC global de 9,8:1. La ausencia de tratamiento sin suplementar no permitió calcular la EC del suplemento.

En la figura 10 se presenta la GMD y la EC en relación al nivel de inclusión de lupino. Si bien en términos estadísticos la EC no presentó diferencias, en términos absolutos se observa una superioridad en el tratamiento 33% frente a los demás tratamientos.

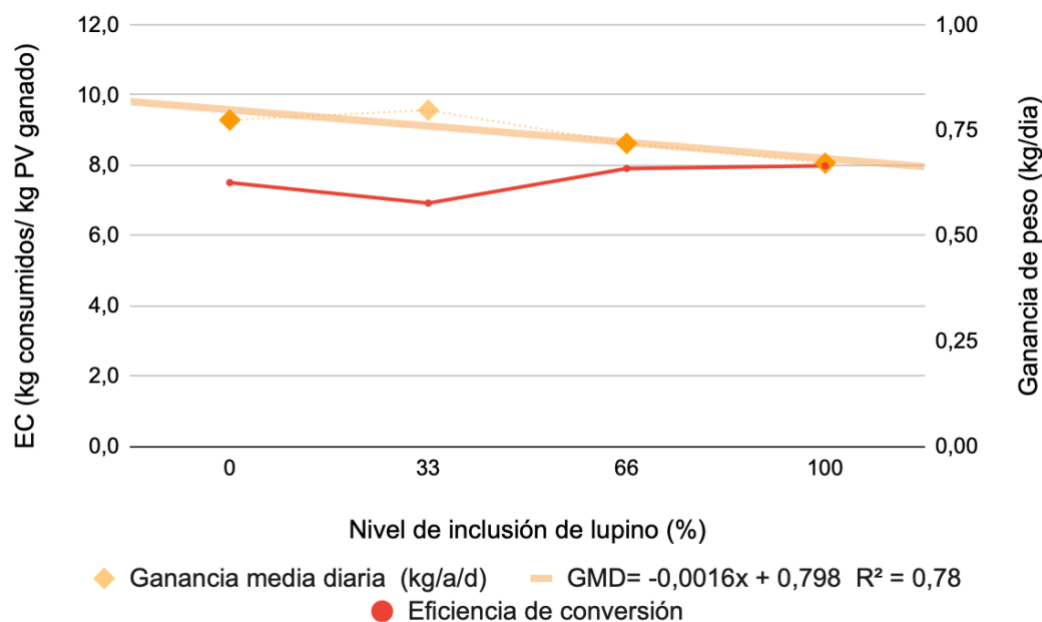


Figura 10. Efecto del nivel de inclusión de lupino en la dieta, sobre la ganancia media diaria (kg/a/d) y la eficiencia de conversión (kg consumido/ kg peso vivo ganado)

4.5. COMPORTAMIENTO ANIMAL

El comportamiento animal medido como la probabilidad de encontrar un animal pastoreando, rumiando, descansando, bebiendo agua o consumiendo suplemento entre las 7:00 y 18:30 horas se resume en el cuadro 12.

La actividad de pastoreo no presentó diferencias entre los distintos niveles de inclusión del grano de lupino, pero dicha diferencia sí fue significativa en el efecto semana ($p < 0,0001$), en la interacción días*semana ($p = 0,0480$), tratamiento*semana ($p = 0,0137$) y tratamiento*día*semana ($p = 0,0062$).

Con respecto a la rumia, el efecto tratamiento fue significativo ($p < 0,0001$) presentando mayor tiempo de rumia a mayor grado de inclusión del grano de lupino (100 y 66%)

El tiempo de descanso fue significativamente mayor ($p < 0,0001$) en los tratamientos 0 y 33% con respecto al 66 y 100%. Esta diferencia sería atribuible a un menor tiempo de rumia a bajos niveles de inclusión de lupino, sin presentar

diferencia en pastoreo, consumo de agua ($p=0,2329$) y consumo de suplemento ($p=0,1767$), favoreciendo el tiempo de ocio.

Cuadro 12. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre las variables de comportamiento animal

	Nivel de inclusión de lupino*				P valor				
	0 %	33 %	66 %	100 %	T	S	DxS	TxS	TxSxD
Pastoreo	0,21	0,10	0,24	0,14	ns	**	*	*	**
Rumia	0,21 c	0,20 c	0,25 b	0,30 a	**	ns	ns	ns	**
Descanso	0,16 b	0,20 a	0,12 c	0,10 c	**	**	*	ns	*
C. agua	0,008	0,013	0,015	0,009	ns	**	*	ns	ns
C. supl.	0,05	0,04	0,05	0,05	ns	*	**	ns	**
TB 8:00	28,7 b	26,9 b	32,2 a	29,9 ab	**	**	ns	ns	ns
TB 18:30	28,1	28	26,4	25,7	ns	ns	**	ns	ns

*Nivel de inclusión de lupino en el suplemento en sustitución de ración balanceada 18% proteína. C. agua= Consumo de agua; C. supl= Consumo de suplemento; TB=Tasa de bocado; T=Tratamiento; S= Semana; DxS= Días dentro de semana; TxS= Tratamiento por semana; TxSxD= Tratamiento por semana por días dentro semana. a, b, c: medidas en la misma fila seguidas de letras distintas difieren significativamente. Referencias: ns= probabilidad >0.05 ; *= $P<0.05$, **= $P<0,01$.

4.5.1. Patrón de defoliación y comportamiento animal intrasemanal

En la figura 11 se representa el patrón de defoliación promedio (medido en las semanas 4 y 8) representado a través de la altura de la pastura.

La evolución diaria de defoliación (anexo 5) no presentó diferencia significativa entre tratamientos ($p>0,05$) ni tampoco entre tratamientos*día dentro de semana ($p>0,05$) pero fue significativo entre días dentro de semana ($p<0,0001$) y entre semanas ($p=0,0089$).

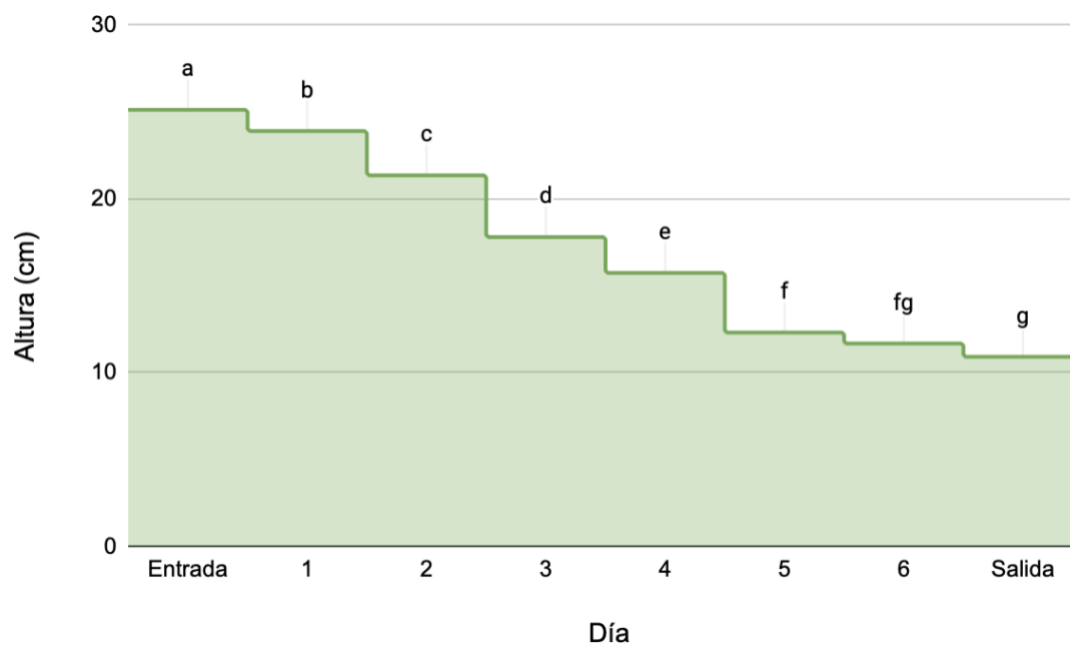
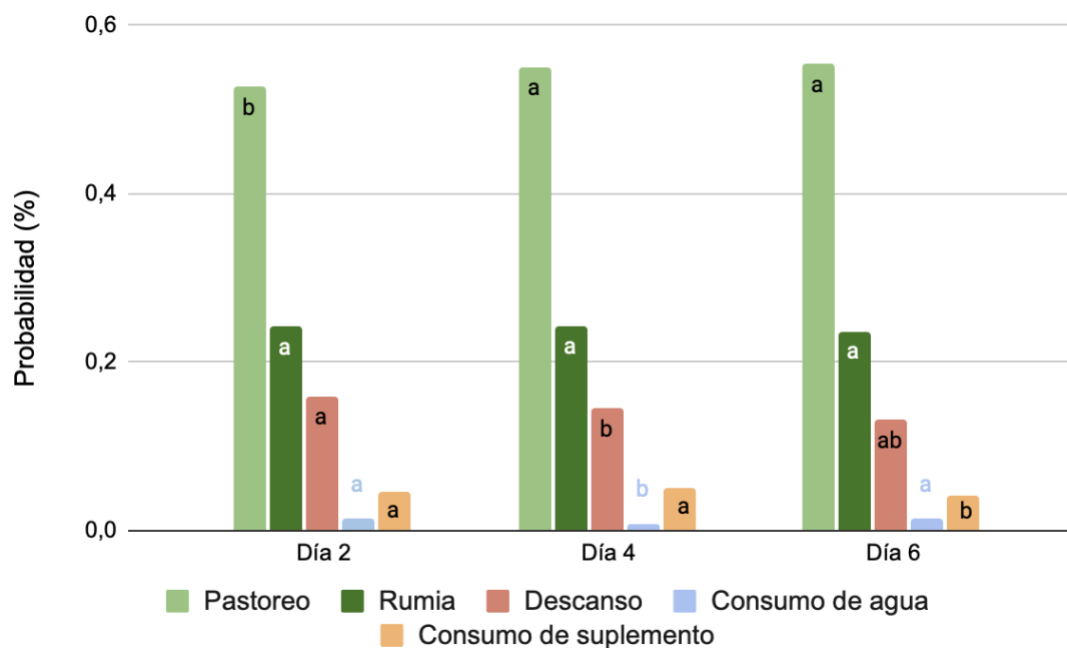


Figura 11. Evolución de la altura de la pastura a conforme avanzaron los días de permanencia de los animales pastoreando la parcela semanal

Tal como se observa en la figura 12, al transcurrir los días de la semana el tiempo de pastoreo se incrementa (anexo 6) al igual que la TB a las 18:30, mientras que el tiempo de descanso disminuye.



Para una misma variable, letras distintas indican diferencias significativas entre los distintos días.

Figura 12. Evolución de la actividad de pastoreo, rumia, descanso, consumo de agua y suplemento durante el tiempo de permanencia en la parcela semanal de pastoreo

4.5.2. Tasa de bocado

Como se mencionó anteriormente, la TB es uno de los componentes del consumo a partir del cual los animales buscan compensar cambios en la altura y disponibilidad de la pastura.

En el cuadro 12 se presenta la TB medida en bocados por minuto, observada en dos momentos del día, a las 8:00 cuando los animales realizan su primera sesión de pastoreo y 18:30 horas.

Se observa diferencia significativa en la TB entre tratamientos ($p=0,0033$) a las 8:00 horas, siendo iguales estadísticamente los tratamientos que incluyen lupino, independientemente de su nivel de inclusión, mientras que a las 18:30 horas se observa una tendencia a disminuir la TB a medida que aumenta el nivel de inclusión de lupino en la dieta ($p=0,0704$).

También se observan diferencias significativas entre semanas ($p < 0,0001$), para las 8:00 horas. Presentando la semana 8 en relación a la 4 mayor TB. No se observó diferencias a las 18:30 horas (anexo 6).

Para los días de ocupación que transcurren, no se observa diferencia significativa ($p = 0,2937$) a las 8:00 horas, pero si se observa diferencias ($p < 0,0001$) a las 18:30 horas, siendo mayor el día 6 (figura 13).

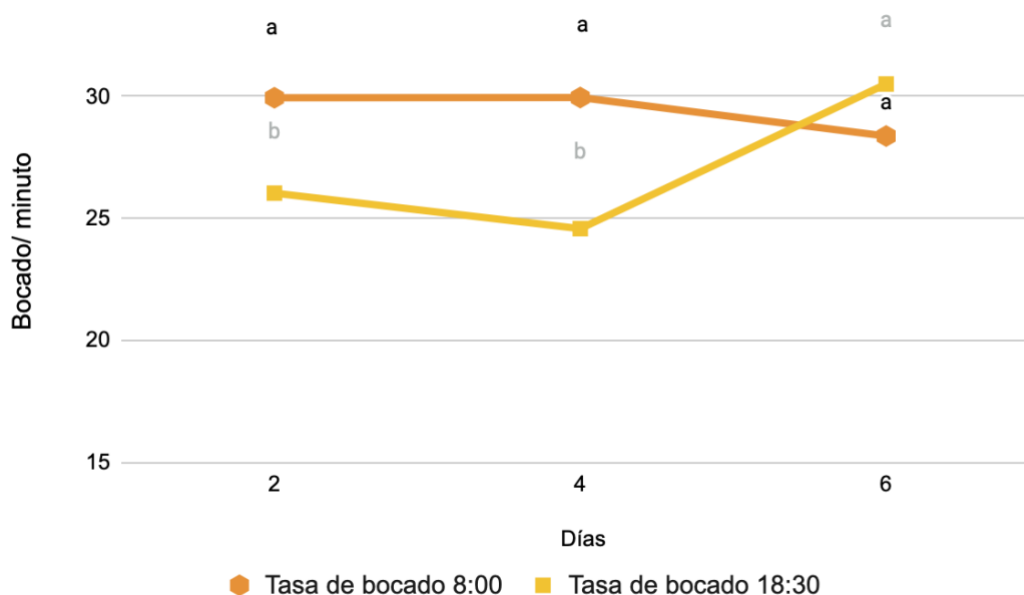


Figura 13. Tasa de bocado a medida que transcurren los días de ocupación de la parcela en dos horarios contrastantes (8:00 y 18:30 horas)

No se encontró diferencias significativas en tratamiento*semana y en tratamiento*semana*día en ninguno de los dos horarios (anexo 6).

4.5.3. Tasa respiratoria

En el cuadro 13 se resume la tasa respiratoria evaluada en dos momentos del día para cada tratamiento.

La tasa respiratoria fue medida a las 07:00 y 15:00 horas. En ninguno de los horarios se registró diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$), pero sí entre semanas y días dentro de la semana ($p < 0,0001$). Las

interacciones tratamiento*semana y tratamiento*semana*día no fueron significativas ($p>0,05$).

Cuadro 13. Efecto de la inclusión de lupino en la tasa respiratoria

	Nivel de inclusión de lupino*				P valor				
	0 %	33 %	66 %	100 %	T	S	DxS	TxS	TxSxD
TR 7:00	39,1	40,7	40,7	41,1	ns	**	**	ns	ns
TR 15:00	47,8	47,2	46,2	46,6	ns	**	**	ns	ns

*Nivel de inclusión de lupino en el suplemento en sustitución de ración balanceada 18% proteína. TR= Tasa respiratoria; T=Tratamiento; S= Semana; DxS= Día dentro de semana; TxS= Tratamiento por semana; TxSxD= Tratamiento por semana por día dentro semana. Referencias: ns= probabilidad $>0,05$; *= $P<0,05$, **= $P<0,01$.

Respecto a las mediciones registradas a las 7:00 horas en los días dentro de semana se registró una mayor tasa respiratoria el día 2, disminuyendo significativamente al pasar los días 4 y 6 (45,5a, 39,6b y 36,1c respectivamente) con $p< 0,0001$. Mientras que para las mediciones tomadas a las 15:00 horas se encontraron diferencias significativas en los días 2 y 6 respecto al día 4 (57a y 55a vs. 28,8b) con $p< 0,0001$.

No se registró interacción entre tratamiento*semana y en tratamiento*semana*día ($P>0,05$).

A modo de síntesis, el incremento gradual de lupino en sustitución de ración P18 como suplemento para terneros de destete precoz, tiene como principal cometido mantener o mejorar la performance animal por el hecho de ser un grano con alto aporte energético-proteico, presentando como limitante un elevado porcentaje de proteína degradable en el rumen. Esta última se plantea como limitante a causa de que el rumen es muy pequeño y no funcional (Relling y Mattioli, 2002), pudiendo afectar el aporte diario de PM para absorción a nivel del duodeno.

La elevada disponibilidad de forraje de entrada a la parcela (4960 ± 518 kg MS/ha, de los cuales 3150 ± 506 kg MS/ha corresponden a biomasa verde) no afectó el consumo voluntario (Hodgson, 1990), a excepción de la semana 12, en la cual la disponibilidad fue inferior a 2000 kg MS/ha, donde el consumo está determinado por el producto del peso de bocado, tasa de bocado y tiempo de pastoreo (Cangiano, 1996). En cambio, Montossi et al. (2000) recomiendan

valores de disponibilidades entre 1300 y 2200 kg MS/ha, para realizar un uso eficiente de la pastura y una adecuada producción animal. La misma semana presentó altura de entrada por encima de los 15 cm, coincidiendo con lo recomendado por Perrachón (2009), donde recomienda valores entre 15 a 20 cm para que la altura del forraje no actúe como factor limitante del CMS. De todos modos se afectó negativamente no pudiendo ser compensado, dado una reducción en el peso de bocado, suponiendo una menor densidad de pastura (Galli et al., 1996).

El CMSF fue afectado negativamente por la suplementación con lupino, independiente del nivel de inclusión. Esto se puede atribuir a un mayor aporte de FDA (cuadro 4) proporcionado por el grano, que habría promovido el mayor tiempo de rumia observado (cuadro 12). La variación en el consumo de forraje entre semanas podría estar explicada por los cambios observados en la biomasa disponible al ingreso a las parcelas (figura 8.).

El CMSS no presentó diferencias entre tratamientos, siendo significativo entre semanas de medición ($p < 0,0001$). Es de destacar que la totalidad del suplemento ofrecido fue consumido por los animales, por lo que al ir ajustando la oferta (1% del PV) semanalmente, el consumo aumentó. Esto habría promovido el desarrollo ruminal más rápido ya que el mismo se ve favorecido por alimentos de alta degradabilidad ruminal (Orskov, 1992). Esta variación en el comportamiento ingestivo tuvo repercusión en el CMST de los animales siguiendo el mismo patrón que el presentado en el CMSF (figura 9).

Si bien la calidad del forraje consumido (cuadro 7) fue mayor al ofrecido, en términos de PC se reportan niveles inferiores (10,05 vs. 13,5%) a los presentados por Mieres et al. (2004). En cuanto a la DMS se obtuvieron valores levemente inferiores para una pradera de festuca durante el verano (59,6 vs. 61,82%), donde el mecanismo que estaría regulando el consumo sería por un efecto físico como menciona Chilibroste (1998), el cual se da en condiciones de pastoreo, cuando la disponibilidad de forraje es alta y éste es de baja calidad (inferior a 66% de DMS). La baja calidad del forraje presentada en el experimento podría asociarse a una elevada proporción de restos secos producto de la cosecha mecánica ocurrida meses previos al pastoreo, así como a la senescencia de hojas producido por el déficit hídrico ocurrido.

La utilización promedio del forraje ofrecido durante todo el experimento fue 49%, coincidiendo con lo obtenido por Carámbula (2010), quien reporta para pasturas mezcla datos de utilización entre 50-70%. Sin embargo, Henderson et al. (2015) obtuvieron datos de utilización de pasturas mezcla en torno a 64%, pastoreadas por terneras destetadas precozmente durante el verano a una

asignación de 8 kg MS/100 kg PV. Si bien no hay un testigo sin suplementación para evaluar y comparar cómo fue la utilización de forraje, ésta pudo haber sido menor respecto a animales sin suplementar, debido a la sustitución de forraje por suplemento, la cual para forrajes de alta calidad comienza en niveles de suplementación de 0,2 a 0,3% del PV (Damonte et al., 2004).

En conclusión, la calidad de la pastura se encontró por debajo de lo esperado para el verano, por lo que el contenido de PC y EM sería limitante para cubrir los requerimientos de terneros destetados precozmente de 2,60 Mcal/kg de EM y 16% de PC mencionados por Simeone y Beretta (2002). La suplementación al 1% del PV con concentrados energético-proteico en la composición del suplemento sería indispensable para lograr la performance requerida para esta categoría.

A medida que aumentó la concentración de lupino en el suplemento en detrimento de ración P18, la composición química del suplemento cambió, aumentando el contenido de PC y FDA (cuadro 4) y disminuyendo el contenido de EM con respecto al tratamiento 0% (cuadro 10). Si bien la PC aumenta, esta es principalmente degradable en rumen, aproximadamente 81% (NRC,1996), pudiendo de todos modos haber cubierto los requerimientos de PM. En cuanto al aporte de energía, en el tratamiento 0% la misma es aportada principalmente por almidón. Cuando se incrementa el contenido de lupino en el suplemento la contribución de energía a partir de almidón disminuye, aumentando el aporte de esta a partir de los carbohidratos almacenados en forma de polisacáridos complejos en las paredes celulares de los cotiledones, y celulosa y hemicelulosa en la testa del grano (Petterson, 2000).

En este experimento se observó que conforme se aumenta la inclusión de lupino en la dieta, hubo una tendencia a disminuir la ganancia diaria en una magnitud de 1,6 gramos por día por cada unidad porcentual de inclusión de lupino en el suplemento. Esta disminución en la GMD que se produjo al incrementar el lupino en el suplemento en sustitución de ración P18, refleja un balance nutricional levemente desfavorable, el cual podría deberse al menor CMSF.

En cuanto a los requerimientos de EM y PC seguramente hayan sido cubiertos por la oferta proveniente de la pastura y el suplemento ya que las ganancias estuvieron dentro del rango mencionado por Simeone y Beretta (2002). Por lo que la disminución en la GMD de los tratamientos en los cuales se incrementó el lupino en el suplemento en sustitución de ración P18 podría haber estado relacionada con el menor consumo (cuadro 9) y la leve caída en la concentración de EM del suplemento (cuadro 10). También podría deberse a aumentos en los requerimientos energéticos respecto al tratamiento 0%. Dentro

de los destinados a mantenimiento están los de metabolismo basal, actividad básica y actividad de cosecha. Hay que considerar que los requerimientos de energía para mantenimiento para animales en crecimiento son afectados por el PV, sexo, estrés térmico y actividad de pastoreo y básica (Simeone, 2005).

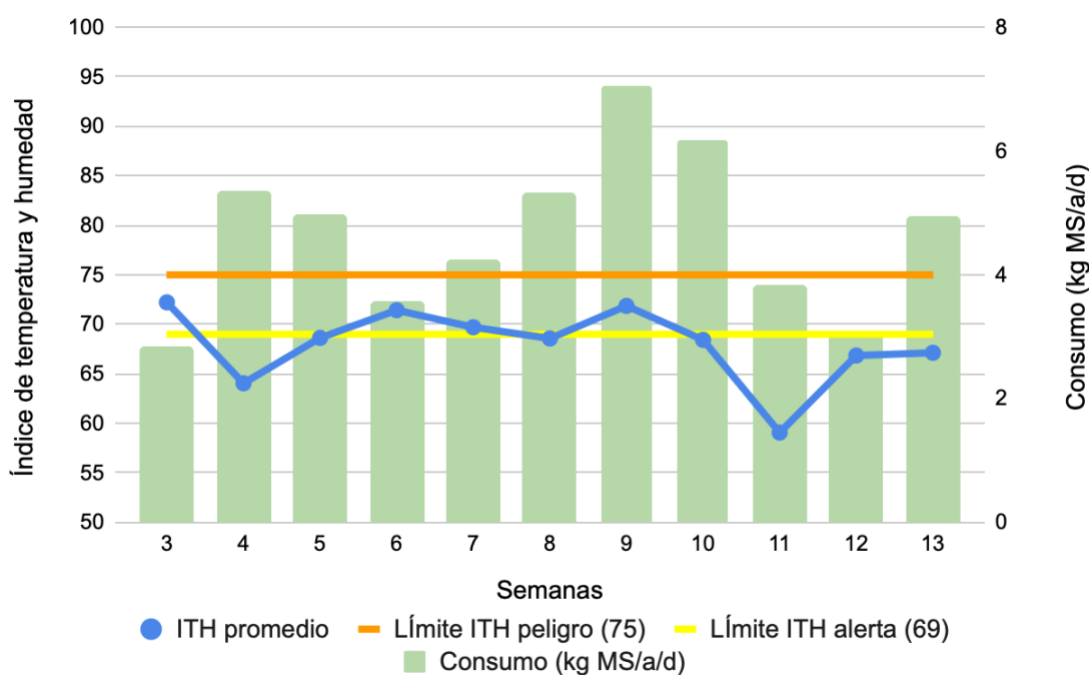
La GMD y por lo tanto la evolución de PV de los terneros en el tratamiento 0% fue la esperada (0,77 kg/día, cuadro 11), dado que superó lo mencionado por Simeone y Beretta (2002), Henderson et al. (2015) y a su vez fue consistente a la reportada por Arduín et al. (2018) realizando el mismo manejo para terneros de destete precoz.

En el caso del tratamiento 33% en el que se mezcló lupino con ración P18 la GMD de los terneros numéricamente fue mayor, pudiendo explicarse por una mejor complementación de nutrientes y minerales de la ración y el lupino a los también provenientes de la pradera. Esto podría ser ya que la ración comercial está compuesta por granos o subproductos de granos de verano los cuales de la PC presentan mayor proporción de PCNDR en comparación con el grano de lupino, siendo esta más favorable para la categoría por el sitio de absorción.

La EC global no registró diferencias entre tratamientos (cuadro 11), sin embargo numéricamente de los tratamientos que incluyeron lupino en la dieta, el tratamiento 33% fue el que presentó mejores resultados, seguido por el tratamiento 0%, mientras que en los restantes, si bien la GMD y el CMST disminuyó, se presentó niveles de EC levemente superiores. En comparación con Abreu et al. (2017), Arduín et al. (2018) para el tratamiento 0% se obtuvo una peor EC (6,9 y 7,0 vs. 7,5). Esta peor eficiencia se puede atribuir a una menor calidad de la pastura estival, sumado a las altas temperaturas de la estación, que podría generar estrés para el animal y afectar negativamente el consumo e incrementar los costos de mantenimiento, por lo que la EC se podría ver afectada (Simeone et al., 2004).

En adición a los factores limitantes del consumo mencionados anteriormente, el clima afecta el comportamiento animal directa e indirectamente, influyendo sobre la calidad y/o cantidad de alimentos disponibles, los requerimientos de agua y energía y generando alteraciones en el consumo de alimento, comportamiento y productividad (Arias et al., 2008). En la figura 14 se presenta el consumo de MS semanal y la variación del ITH durante el periodo experimental. En la misma se aprecia que ante la presencia del ITH dentro del rango "alerta" (ITH 69 a 75), el consumo disminuyó considerablemente, a excepción de la semana 9, donde el efecto ITH no se reflejó en el consumo. Esta respuesta diferencial puede estar relacionada con una elevada disponibilidad de forraje asociado a temperaturas nocturnas

promedio de 19,8 grados, lo que permitiría a los animales recuperar la normotermia (Saravia et al., 2011) y realizar sesiones de pastoreo nocturnos que favorecido por la disponibilidad de forraje existente, permitió compensar e incluso superar el consumo de forraje presentado en semanas sin estrés calórico. La presencia de sombra en las parcelas, es probable que haya minimizado el estrés, lo que contribuye posiblemente en la reducción del costo energético de mantenimiento, permitiendo de esta manera mejores ganancias diarias (Simeone y Beretta, 2010).



$ITH = (1,8 \times Ta + 32) - (0,55 - 0,55 \times HR/100) \times (1,8 \times Ta - 26)$, donde Ta: temperatura media (Armstrong, 1994).

Figura 14. Consumo de materia seca e índice de temperatura y humedad semanal durante el experimento

La tasa respiratoria como indicador de estrés térmico no presentó diferencias entre tratamientos, por lo que la inclusión de lupino en la dieta no presenta efecto adverso ante situaciones de estrés calórico.

En cuanto al comportamiento de los animales, la inclusión de lupino en el suplemento no presentó efecto diferencial entre tratamientos en el tiempo de pastoreo, por lo que el gasto energético de mantenimiento durante esta actividad fue similar para todos los tratamientos. Se encontró diferencias entre

los días de ocupación de la parcela donde a medida que pasaron los días el mismo se incrementó. Esta modificación en el comportamiento ingestivo se produce en respuesta a mantener un determinado nivel de consumo diario de forraje. Poppi et al. (1987), Hodgson (1990) concuerdan que por la disminución en la disponibilidad y altura de la pastura al avanzar el tiempo de ocupación en la parcela, se generaría un menor peso de bocado, que se compensa con un aumento en el tiempo de pastoreo, aunque estas posibilidades de compensación son limitadas (Poppi et al. 1987, Chilbroste 1998). Esto se relaciona a lo mencionado por Cangiano (1996), donde el día 2 la disponibilidad de forraje es alta, superior a la de los días 4 y 6, por lo que el animal destina menos tiempo al pastoreo que los demás días ya que el peso de bocado es mayor. La tasa de bocado se incrementó el día 6 (TB 18:30) en adición al tiempo de pastoreo, como otro mecanismo complementario para lograr el CMS deseado.

La actividad de rumia y descanso si presentó diferencias entre tratamientos. Esto estaría relacionado con el contenido de FDA del suplemento, ya que a medida que aumenta el nivel de inclusión de lupino aumenta el contenido de FDA, el cual está asociado con una baja digestibilidad ruminal (Fahey y Berger, 1988), determinando mayor tiempo de rumia y menor tiempo de descanso.

5. CONCLUSIONES

La sustitución de ración comercial P18 por niveles crecientes de lupino no tiene efecto en la GMD de terneros/as destetados precozmente en el verano suplementados al 1% del PV sobre praderas permanente, sin embargo hay una tendencia a aumentar la proporción de lupino en el suplemento, por cada unidad porcentual de incremento, la ganancia promedio diaria de peso registra una reducción de 1,6 gramos .

El CMST se vio afectado negativamente independientemente del nivel de inclusión de lupino, reflejado por un menor consumo diario de forraje.

Es de destacar que la inclusión de 100% lupino en el suplemento, se alcanzan ganancias por encima de los 0,600 (kg/a/d), que es lo que estaría ganando al pie de la madre, por lo que se podría sustituir la ración comercial por lupino, siempre teniendo en cuenta la relación de precios de uno u otro suplemento.

6. RESUMEN

El trabajo fue realizado en el establecimiento comercial “Santa Luisa” ubicado en el departamento de Soriano a las cercanías de José Enrique Rodó. El periodo experimental fue comprendido entre el 1 de febrero al 4 de mayo del 2020. El objetivo de este experimento fue evaluar el potencial del grano de lupino como suplemento para terneros de destete precoz manejados sobre pasturas sembradas a un total de 40 terneros/as (20 machos y 20 hembras) Hereford, nacidos en primavera del 2019 y destetados precozmente con aproximadamente 90 días de edad, con un peso vivo promedio de $81,15 \pm 8,83$ kg. Los 40 animales fueron asignados en forma aleatoria a 8 grupos y estos a uno de cuatro tratamientos con su respectiva repetición, y caracterizados por los niveles crecientes de inclusión de lupino en el suplemento en sustitución de ración P18, en niveles de 0, 33, 66 y 100% de lupino en el suplemento. La performance animal, medida como GMD de peso, fue numéricamente afectada por la inclusión de niveles crecientes de lupino en el suplemento en sustitución de ración P18 con una respuesta lineal negativa asociada al aumento de lupino en el suplemento, determinando que al aumentar la proporción de lupino en el suplemento la ganancia promedio diaria de peso disminuyó linealmente, registrando una reducción de 1,6 gramos por cada unidad porcentual de incremento en nivel de lupino en el suplemento ($p=0,0843$), por lo que aquellos animales suplementados con mayor nivel de lupino (100%) presentaron, numéricamente, menor peso vivo final que aquellos en los cuales el suministro de lupino fue menor (0,33 y 66%) sin embargo no se registraron diferencias significativas entre tratamientos en el peso vivo final ($p>0,05$). La EC global no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p>0,05$). En lo que hace al comportamiento animal en pastoreo no se observó diferencia significativa entre tratamientos en la actividad de pastoreo ($p>0,05$), si se dieron diferencias en lo referido a rumia y descanso ($p<0,0001$ en ambos casos), repercutiendo en el consumo de materia seca total ya que éste presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0092$), no siendo significativa la disponibilidad de forraje entre tratamientos ni tampoco en consumo de suplemento ($p>0,05$). Sobre el estrés calórico, registrado en horario de las 15:00 horas, no se encontraron diferencias entre tratamientos, por lo que se puede concluir que al incrementar el nivel de lupino en el suplemento, no tiene efecto sobre el estrés por calor ya que todos los animales se encontraron bajo estrés cuando el índice de ITH se encontró por encima de 74 debido a las altas temperaturas.

Palabras clave: Terneros de destete precoz; Lupino; Suplementación.

7. SUMMARY

The work was carried out in the commercial establishment "Santa Luisa" located in the department of Soriano near José Enrique Rodó. The experimental period was between February 1st. to May 4th. 2020. The objective of this experiment was to evaluate the potential of lupine grain as a supplement for early weaning calves managed on pastures sown to a total of 40 calves (20 males and 20 females) Hereford, born in spring 2019 and weaned early at approximately 90 days of age, with an average live weight of 81.15 ± 8.83 kg. The 40 animals were randomly assigned to 8 groups and these to one of four treatments with their respective repetition and characterized by increasing levels of lupine inclusion in the supplement to replace ration P18, at levels of 33, 66 and 100% lupine in the supplement. Animal performance, measured as mean daily weight gain, was numerically affected by the inclusion of increasing levels of lupine in the supplement in substitution of P18 ration with a negative linear response associated with the increase in lupine in the supplement, determining that when increasing the proportion of lupine in the supplement, the average daily weight gain decreased linearly, registering a reduction of 1.6 grams for each percentage unit of increase in the level of lupine in the supplement ($p = 0.0843$), so that those supplemented animals with a higher level of lupine (100%) presented, numerically, lower final live weight than those in which the supply of lupine was lower (33 and 66%), however, there were no significant differences between treatments in the final live weight ($p > 0.05$). The overall conversion efficiency did not show significant differences between treatments ($p > 0.05$). Regarding animal behavior in grazing, no significant difference was observed between treatments in grazing activity ($p > 0.05$), there were differences in terms of rumination and rest ($p < 0.0001$ in both cases), affecting the total dry matter consumption since it presented significant differences between treatments ($p = 0.0092$), the availability of forage between treatments not being significant in supplement consumption ($p > 0.05$). Regarding heat stress, recorded at 3:00 p.m., no differences were found between treatments, so it can be concluded that by increasing the level of lupine in the supplement, it has no effect on heat stress since all the animals were under stress when the ITH index was above 74 due to high temperatures.

Keywords: Early weaning calves; Lupine; Supplementation.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abreu, M.; Becerra, J.; Esponda, M. 2017. Utilización de grasas protegidas en la suplementación de terneros de destete precoz pastoreando praderas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 85 p.
2. Agnusdei, M. G. 2007. Calidad nutritiva del forraje. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. 6 p. Consultado 13 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/64-calidad.pdf
3. Arduín, E.; Purtscher, S.; Rebollo, C. 2018. Utilización de burlanda seca de sorgo (DDGS) en la suplementación estival de terneros destetados precozmente sobre praderas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 100 p.
4. Arias, R.; Mader, T; Escobar, P. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Temuco, Chile, Universidad Católica de Temuco. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Agronomía. 16 p.
5. Armstrong, D. V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. Journal of Dairy Science. 77:2044–2050.
6. Astibia, O. R.; Cangiano, C. A.; Cocimano, M. R.; Santini, F. J. 1984. Utilización del nitrógeno por el rumiante. Revista Argentina de Producción Animal. 4 (4):373-384.
7. Baldi, F.; Mieres, J.; Banchemo, G. 2008. Suplementación en invernada intensiva; la suplementación sigue siendo una alternativa económicamente viable. (en línea). Colonia, INIA. 10 p. Consultado 15 may. 2021. Disponible en https://www.academia.edu/13689111/Suplementación_en_Invernada_Intensiva_La_suplementación_sigue_siendo_una_alternativa_económicamente_viable
8. Bargo, F. 2003. Suplementación en pastoreo: conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. (en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 21 p. Consultado 15 may. 2021. Disponible en

<https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/bargo.pdf>

9. Bartaburu, D. 2001. Aspectos sobre la suplementación con concentrados en vacas lecheras. Revista del Plan Agropecuario. no. 5:28-31.
10. Beever, O. E.; Siddons, R. C. 1986. Digestion and metabolism in the grazing ruminants. In: International Symposium on Ruminant Physiology (6th., 1986, Banff, Canada). Control of digestion and metabolism in ruminants: proceedings. Englewood Cliffs, Prentice Hall. pp. 479-497.
11. Berasain, S.; Patrón, L.; Vidart, M. 2002. Efecto de la suplementación energética con fuentes de diferente degradabilidad ruminal sobre el comportamiento ingestivo y consumo voluntario en novillos Hereford pastoreando en dos asignaciones de forraje en verdeo y pradera en estado vegetativo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 111 p.
12. Beretta, V.; Simeone, A.; Elizalde, J. C.; Baldi, F. 2006. Performance of growing cattle grazing moderate quality legume-grass temperate pastures when offered varying forage allowance with or without grain supplementation. (en línea). Australian Journal of Experimental Agriculture. 47:793-797 Consultado 13 may. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/248891772_Performance_of_growing_cattle_grazing_moderate_quality_legume-grass_temperate_pastures_when_offered_varying_forage_allowance_with_or_without_grain_supplementation
13. _____.; _____. 2008. Producción de carne a pasto, asignación de forraje, respuesta animal y utilización del forraje. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10^a., 2008, Paysandú, UY). Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 20-23.
14. _____.; _____.; Elizalde, J. C.; Caorsi, C. J.; Lamarca, M. 2012. Destete precoz a corral; una nueva herramienta para una nueva cría. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14^a., 2012, Paysandú, UY). Una nueva cría...Un nuevo engorde...Una nueva ganadería. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 18-27.

15. _____.; _____.; Bentancur, O. 2013. Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos. *Agrociencia (Uruguay)*. 17 (1):131-140.
16. Bergós, A.; Errandonea, J. 2020. Alternativas de suplementación en terneras de recría pastoreando verdeos de invierno. Tesis ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 75 p.
17. Cangiano, C. A. 1996. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. In: Cangiano, C. A. ed. *Producción animal en pastoreo*. Buenos Aires, Argentina, INTA. Balcarce. pp. 41- 53.
18. Carámbula, M. 2010. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 3, 413 p.
19. Carre, B.; Brillouet, J. M.; Thibault, J. F. 1985. Characterization of polysaccharides from white lupine (*L. albus*) cotyledons. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 33 (2):285-292.
20. Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: predicción del consumo. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 18 p. Consultado 13 may. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/281209792_Fuentes_comunes_de_error_en_la_alimentacion_del_ganado_lechero_I_Prediccion_del_consumo
21. Damonte, I.; Irazabal, G.; Reinante, R.; Shaw, M. 2004. Efecto de la asignación de forraje y de la suplementación con grano de maíz entero o molido sobre la performance de novillos Hereford pastoreando verdeos durante el otoño. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 139 p.
22. De León, M.; Silvera, E.; Torres, S. 1998. Efecto del nivel de suplementación en pasturas sobre la ganancia de peso de terneros destetados precozmente. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 51 p.

23. Di Marco, O. N. 1993. Crecimiento y respuesta animal. Buenos Aires, Asociación Argentina de Producción Animal. 129 p.
24. _____. 2007. Conceptos de crecimiento aplicados a la producción de carne. (en línea). Balcarce, INTA. 3 p. Consultado 14 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/85-crecimiento_produccion.pdf
25. Elizalde, J. C.; Santini, F. J. 1992. Factores nutricionales que limitan las ganancias de peso en bovinos durante el periodo otoño- invierno. INTA. Balcarce. Boletín Técnico no. 104. 27 p.
26. _____. 2003. Suplementación en condiciones de pastoreo. (en línea). Balcarce, s.e. 9 p. Consultado 7 set. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/13-suplementacion_en_condiciones_de_pastoreo.pdf
27. _____. 2015. Impacto del uso de los sistemas de alimentación a corral como estrategia para el engorde de bovinos para carne. In: Congreso Internacional de Producción Animal Especializada en Bovinos (1º, 2015, Cuenca). Actas. Cuenca, Ecuador, Maskana. pp. 83–93.
28. Esteves, M.; Laxalde, S.; Nario, M. 2013. Utilización de nitrógeno no proteico en programas de suplementación invernal basados en autoconsumo para terneros pastoreados en campo nativo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 120 p.
29. Fahey, G. C.; Berger, L. L. 1988. Carbohydrate nutrition in ruminants. In: Church, D. C. ed. The ruminant animal, digestive physiology and nutrition. Englewood Cliff, NJ, Prentice Hall. pp. 269-297.
30. Galli, J. R.; Cagiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. (en línea). Revista Argentina de Producción Animal. 16 (2):119-142. Consultado 13 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/15-ingestivo_y_consumo_bovinos.pdf

31. Gamba, D.; Terzián, A. 2015. Evaluación de la degradabilidad de la fuente proteica utilizada en dietas para terneros de destete precoz manejados en régimen de confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 95 p.
32. González, P. 2019. Estrés por calor en ganado de leche y carne: monitorización, control y manejo nutricional. (en línea). Melbourne, Portal Veterinaria. s.p. Consultado 15 may. 2021. Disponible en <https://www.portalveterinaria.com/articoli/articulos/14999/estres-por-calor-en-el-ganado-de-leche-y-carne-monitorizacion-control-y-manejo-nutricional.html>
33. Gutiérrez, F.; Sancristobal, F. 2007. Destete superprecoz en ganado de carne; evaluación de la adaptación animal a la dieta sólida y respuesta al nivel de suplementación postdestete. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 74 p.
34. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Agriculture and Animal Husbandry*. 15:663-670.
35. Henderson, A.; Iribarne, R.; Silveira, M. 2015. Evaluación del sistema de autoconsumo para la suplementación de terneros de destete precoz pastoreando praderas durante el verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
36. Hodgson, J. 1990. *Grazing management: science into practice*. London, Longman. 203 p.
37. Huertas, S. M.; Bobadilla, P. E.; Akkermans, E.; Gil, A. D. 2020. Valoración del índice de temperatura y humedad como medida confiable para evaluar el estrés térmico en ganado en sistemas silvopastoriles de clima templados. *In*: Huertas, S. M. ed. Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas productivos silvopastoriles y sistemas forestales extensivos en el país y su relación con la producción de bovinos de carne. Montevideo, INIA. pp. 56-60 (FPTA no. 87).

38. Huntington, G. 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *Journal of Animal Science*. 75:852-867.
39. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2015. Cálculo de índice de temperatura - humedad. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 10 ago. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/calculo/calculo_ith.html
40. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). s.f. Tablas estadísticas. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado 13 may. 2020. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
41. _____. 1996. Tablas estadísticas. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado 13 may. 2020. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>.
42. Kibelolaud, A. R.; Vernay, M.; Bayourthe, C.; Moncoulon, R. 1993. Effect of extruding on ruminal disappearance and lower gastrointestinal tract digestion of white lupin seeds. *Canadian Journal of Animal Science*. 73:571-579.
43. Latimori, N. J.; Kloster, A. M. s.f. Suplementación sobre pasturas de calidad. (en línea). Córdoba, INTA. Estación Experimental Marcos Juárez. s.p. Consultado 7 set. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_suplementacin_bovinos_calidad13.pdf
44. Leaños, L. 2008. Influencia climática sobre la producción bovina. *Sincelejo*, Universidad de Sucre. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa de Zootecnia. 86 p.
45. Mac Loughlin, R. J. 2010. Requerimiento de proteína y formulación de raciones en bovinos para carne. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. 6 p. Consultado 9 set. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/42-formulacion_proteina.pdf

46. Mader, T.; Davis, M.; Brown-Brandt, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84:712-719.
47. Menke, K. H.; Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*. 28:7-55.
48. MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, UY). s.f. Descripción de suelos CONEAT. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado 11 may. 2020. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/coneat#:~:text=Los%20grupos%20CONEAT%20no%20son,65%20de%20la%20Ley%20>
49. Mieres, J. M.; Assandri, L.; Cúneo, M. 2004. Tablas de valor nutritivo de alimentos. *In*: Mieres, J. M. ed. Guía para alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 13-68 (Serie Técnica no. 142).
50. Mohamed, A. A.; Rayas, P. 1995. Nonstarchy polysaccharide analysis of cotyledon and hull of *L. albus*. *Cereal Chemistry*. 72 (6):648-651.
51. Montossi, F.; Pigurina, G.; Santamarina, I.; Berretta, E. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica. Montevideo, INIA. pp. 1-13 (Serie Técnica no. 113).
52. Mora, I. 2007. Nutrición animal. San José, Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. 120 p.
53. Nawińska, B.; Andrzejewski, M. 2011. Effect of the type of non-fibre carbohydrates in grass silage-based diets on in sacco ruminal degradability and protein value of lupin (*Lupinus angustifolius* L. cv. Sonet) seeds ground to different particle sizes. *Czech Journal of Animal Science*. 56 (5):231-241.
54. NRC (National Research Council, US). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7th. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 242 p.
55. Ochoa, P.; Vidal, M. 2004. Evaluación de la respuesta a la suplementación proteica de terneras de destete pastoreando

campo natural diferido. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 75 p.

56. Orskov, E. R.; Ryle, M. 1990. Energy nutrition in ruminants. Essex, Elsevier. 149 p.
57. _____. 1992. Protein nutrition in ruminants. San Diego, Academic Press. 175 p.
58. Pablo-Pérez, M.; Espinoza, L. D. C. L.; Ramos-Juárez, J.; Upton, J. L.; Ibáñez, E. A.; Villamil, L. V. 2014. Ruminal degradation of aerial biomass and seeds of wild species of lupinus. *Ciencia e Investigación Agraria: Revista Latinoamericana de Ciencias de la Agricultura*. 41(1):5-12.
59. Peñaloza, E.; Romero, O. 1996. Avances de investigación en lupino. Temuco, INIA. Centro Regional de Investigación Carillanca. pp. 27-32 (Serie técnica no. 51).
60. Petterson, D. S.; Mackintosh, J. B. 1994. Chemical composition and nutritive value of Australian grain legumes. Canberra, Grains Research and Development Corporation. 68 p.
61. _____. 2000. The use of lupins in feeding systems: review. (en línea). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 13:861-882. Consultado 9 set. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/282752024_The_Use_of_Lupins_in_Feeding_Systems_-_Review_-
62. Pereyra, H.; Leiras, M. A. 1991. Comportamiento bovino de alimentación, rumia y bebida. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. s.p. Consultado 13 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/04-comportamiento_bovino_de_alimentacion_rumia_y_bebida.pdf
63. Peruchena, C. O. 1999. Suplementación de bovinos para carne sobre pasturas tropicales. Aspectos nutricionales, productivos y económicos. (en línea). Corrientes, INTA. 10 p. Consultado 14 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/32-suplementacion_sobre_pasturas_tropicales.pdf

64. _____. 2003. Suplementación de bovinos en sistemas pastoriles. (en línea). Corrientes, INTA. 10 p. Consultado 14 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/107-en_sistemas_pastoriles.pdf
65. Perrachón, J. 2009. Manejo del pasto. Revista del Plan Agropecuario. no. 130:42-45.
66. Poppi, D. P.; Hughes, T. P.; L'Huillier, P. J. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. In: Nicols, A. ed. Livestock feeding on pasture. Palmerston North, New Zealand Society of Animal Production. pp. 55-64 (Occasional Publication no. 10).
67. Pordomingo, A. 1999. Cuando con pasto no alcanza, suplementación sobre verdeos de invierno. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. 3 p. Consultado 17 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/12-cuando_con_pasto_no_alcanza.pdf
68. _____. 2003. Suplementación con granos a bovinos en pastoreo. (en línea). La Pampa, INTA Anguil. 4 p. Consultado 17 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/67-suplementacion_con_granos_en_pastoreo.pdf
69. _____. 2005. Manual de feedlot (en línea). Buenos Aires, INTA Anguil. 223 p. Consultado 17 may. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_feedlot_2013.pdf
70. Reinoso, V.; Soto, C. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado. I) Nivel de oferta forrajera y utilización de la pastura. (en línea). Veterinaria (Montevideo). 41(161-162):9-14. Consultado 14 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/51-art_pastoreo1_completo.pdf
71. Relling, A. E.; Mattioli, G. A. 2002. Fisiología digestiva y metabólica de los ruminantes. (en línea). Buenos Aires, Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Veterinarias. 72 p. Consultado 12 may. 2021. Disponible en <https://ganaderiasos.com/wp->

<content/uploads/2014/08/fisiologia-digestiva-y-met-de-los-rumiantes.pdf>

72. Rohweder, D. A.; Barnes, R. F.; Jorgensen, N. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*. 47(3):747- 759.
73. Rojas, C.; Carrasco, L. 1987. Niveles de grano de lupino en la alimentación de novillos. (en línea). Temuco, Chile, INIA. Carillanca. pp. 68-79. Consultado 17 may. 2021. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/39491/NR05285.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
74. Rooney, L. W.; Pflugfelder, R. L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*. 63(5):1607-1623.
75. Rovira, J. 2012. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 322 p.
76. Santamaria, J. I. 1996. Alimentación de terneros. Informe Mundo Ganadero. *Revista Independiente*. no. 75:38-44.
77. Saravia, C.; Astigarraga, L.; Van Lier, E.; Bentancur, O. 2011. Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto (Uruguay). (en línea). *Agrociencia (Uruguay)*. 15(1):93-102. Consultado 4 oct 2021. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482011000100011&lng=es&tlng=es
78. Simeone, A.; Beretta, V.; De León, M.; Silvera, E.; Torres, S.; Widmaier, G. 1997. Efecto del nivel de suplementación en pasturas sobre la ganancia de peso de terneros destetados precozmente. *Revista Argentina de Producción Animal*. 17 (1):60-61.
79. _____.; _____. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 118 p.
80. _____.; _____.; Rowe, J. B.; Baldi, F. 2004. Uso de alimentos concentrados en sistemas ganaderos. ¿Es buen negocio suplementar al ganado? *In: Jornada Anual de Unidad de Producción Intensiva de Carne (6ª., 2004, Paysandú, Uruguay)*. Manejo nutricional en ganado de carne. Paysandú, Facultad de

Agronomía. EEMAC. pp. 10-17.

81. _____.; _____. 2008. Suplementación y engorde a corral; cuándo y cómo integrarlos en el sistema ganadero. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10^{a.}, 2008, Paysandú, UY). Manejo nutricional en ganado de carne. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 9-23.
82. _____.; _____. 2010. Ganadería a pasto, feedlot e industria frigorífica; ¿es posible una integración de tipo “ganar-ganar” en la cadena de la carne? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (12^{a.}, 2010, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. Unidad de Producción Intensiva de Carne. pp. 22–33.
83. Sniffen, C. J.; Robinson, P. H. 1987. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. *Journal of Dairy Science*. 70:425-441.
84. Soto, C.; Reinoso, V. 2007. Suplementación proteica en ganado de carne. (en línea). *Veterinaria (Montevideo)*. 42 (167):27-34. Consultado 8 set. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_cobertura_nitrogeno_no_proteico/37-art_SUPL_PROT_Rev_VET.pdf
85. Stritzler, N. P. 2004. Suplementación de rodeos de cría e invernada en pastoreo en la región del Caldenal. (en línea). San Luis, INTA. Anguil. 24 p. Consultado 15 set. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/21-suplementacion_region_caldenal.pdf
86. 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 ruminantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 25 (3):473-487.
87. Theurer, C. B. 1996. Grain processing effects on starch utilization by ruminants, *Journal of Animal Science*. 63(5):1649-1662.
88. Titze, N.; Krieg, J.; Steingass, H.; Rodehutschord, M. 2019. Variation of lupin protein degradation in ruminants studied in situ and using

chemical protein fractions. *Animal*. 13(4):709-717.

89. Van Barneveld, R. J. 1999. Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus spp.*) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Reviews*. 12:203-230.

90. Van Soest, P. J.; Roberston, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(5):3583-3597.

9. ANEXOS

Anexo 1. Etiqueta comercial ración terneros P18

Nutriente	Proporción (%)
Mínimo proteína	18
Extracto etéreo	2,5
Fibra cruda	16
Minerales totales	7
Cloruro de sodio (NaCl)	1
Máximo y mínimo de calcio (Ca)	1,4 – 0,7
Máximo y mínimo de fósforo (P)	1,2 - 0,6
Máximo de cenizas insolubles (HCl)	2

Anexo 2. Fuentes de variación para biomasa disponible, altura de entrada de forraje, forraje disponible seco, biomasa de rechazo, altura de rechazo, biomasa seca de rechazo, utilización de forraje y método Tukey ($p < 0,10$) para forraje disponible seco

Variable dependiente: biomasa disponible				
Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
Tratamiento	3	4	3.22	0,1442
Semana	12	48	164.98	<.0001
Trat. *semana	36	48	1.85	0,0234
Contrastes	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
NS lin.	1	4	0.00	0,9564
NS cua.	1	4	6.38	0,0650

Variable dependiente: altura entrada de forraje disponible

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
Trat.	3	4	2.61	0,1881
Semana	12	48	18.40	<.0001
Trat. *semana	36	48	1.99	0,0133
Contrastes	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
NS lin.	1	4	0.06	0,8243
NS cua.	1	4	7.54	0,0516

Variable dependiente: forraje disponible seco

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
Trat.	3	4	3.50	0,1286
Semana	12	48	194.36	<.0001
Trat. *semana	36	48	1.80	0,0285
Contrastes	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
NS lin.	1	4	0.02	0,8983
NS cua.	1	4	6.69	0,0609

Método Tukey ($p < 0,10$) para forraje disponible seco

Tratamiento	Semana	Estimación	Error estándar	Tukey-Kramer ($p < 0,10$)
0	6	2184	97,3285	AB
33	6	1710	97,3285	B
66	6	1998	97,3285	AB
100	6	2275,5	97,3285	A

Variable dependiente: biomasa de rechazo

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
Trat.	3	4	2.35	0,2141
Semana	12	48	282.47	<.0001
Trat. *semana	36	48	2.30	0,0036

Contrastes	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
NS lin.	1	4	2.23	0,2099
NS cua.	1	4	3.46	0,1364

Variable dependiente: altura de rechazo

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
Trat.	3	4	4.54	0,0889
Semana	12	48	16.41	<.0001
Trat. *semana	36	48	02.01	0,0120
Contrastes	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
NS lin.	1	4	8.40	0,0442
NS cua.	1	4	4.54	0,1002

Variable dependiente: utilización de forraje

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
Trat.	3	4	2.54	0,1946
Semana	12	48	398.05	<.0001
Trat. *semana	36	48	2.30	0,0036
Contrastes	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
NS lin.	1	4	2.47	0,1910
NS cua.	1	4	3.80	0,1229

Anexo 3. Fuente de variación para consumo de materia seca de suplemento, consumo de materia seca de forraje, consumo de materia seca total

Variable dependiente: consumo materia seca de suplemento kg/a/d

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	4	5,22	0,0721
Semana	11	44	612,37	<.0001

Trat. *semana	33	44	2,21	0,0071
Contrastes	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
NS lin.	1	4	10,24	0,0329
NS cua.	1	4	5,28	0,0831

Variable dependiente: consumo materia seca de forraje kg/a/d

Efecto	Num. DF	Den. DF	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	48	18,39	<.0001
Semana	11	48	141,85	<.0001
Trat. *semana	33	48	2,75	0,0007
Contrastes	Num. DF	Den. DF	F-Valor	Pr>F
NS lin.	1	48	38,98	<.0001
NS cua.	1	48	10,76	0,0019

Variable dependiente: consumo materia seca total kg/a/d

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	4	17,43	0,0092
Semana	11	44	139,16	<.0001
Trat. *semana	33	44	2,76	0,0009
Contrastes	Num. DF	Den. DF	F-Valor	Pr>F
NS lin.	1	4	37,21	0,0037
NS cua.	1	4	11,32	0,0282

Anexo 4. Fuente de variación para peso vivo, altura inicial de anca, altura final de anca

Variable dependiente: peso vivo

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	64.5	0,14	0,9340
Semana	1	231	1589,58	<.0001
Trat. *semana	3	231	2,24	0,0843

PVINI.	1	32,8	173,72	<.0001
Contrastes	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
NS lin.	1	231	5,40	0,0210
NS cua.	1	231	0,90	0,3444

Variable dependiente: altura inicial de anca

Efecto	DF.	Tipo iV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	2,44000000	0,81333333	0,73	0,5843

Variable dependiente: altura final de anca

Efecto	DF.	Tipo iV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	3,15000000	1,0500000	0,7	0,601

Anexo 5. Fuente de variación para patrón de defoliación

Variable dependiente: patrón de defoliación

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	4	1,8	0,2869
Semana	1	7	12,87	0,0089
Día dentro semana	7	28	173,87	<.0001
Trat. *día dentro semana	21	28	1,36	2191,0000

Anexo 6. Método tukey ($p < 0,10$) para pastoreo, rumia, descanso, consumo de agua, consumo de suplemento. Fuente de variación para tasa de bocado 8:00 y 18:30 horas y método Tukey ($p < 0,10$) para las semanas 4 y 8 y los días 2,4,6 dentro de semana

Método Tukey para variable: pastoreo

Día	Estimación	Error estándar	Tukey-Kramer ($p < 0,10$)
2	0,5256	0,5089	B
4	0,55	0,5082	A

6	0,5528	A
---	--------	---

Método Tukey para variable: rumia

Día	Estimación	Error estándar	Tukey-Kramer (p=<0,10)
2	0,2415	0,5108	A
4	0,2419	0,5115	A
6	0,2343	0,5116	A

Método Tukey para variable: descanso

Día	Estimación	Error estándar	Tukey-Kramer (p=<0,10)
2	0,1586	0,5152	A
4	0,1304	0,5155	B
6	0,1438	0,5146	AB

Método Tukey para variable: consumo de agua

Día	Estimación	Error estándar	Tukey-Kramer (p=<0,10)
2	0,01322	0,5398	A
4	0,007426	0,5482	B
6	0,01362	0,539	A

Método Tukey para variable: consumo de suplemento

Día	Estimación	Error estándar	Tukey-Kramer (p=<0,10)
2	0,04615	0,5082	A
4	0,04954	0,5075	A
6	0,04196	0,5081	B

Variable dependiente: tasa de bocado 8:00

Efecto	Num. DF	Den. DF	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	20	6,35	0,0033
Semana	1	20	62,61	<.0001
Día dentro semana	2	40	1,26	0,2937
Trat. *semana	3	20	1,94	0,1563

Trat. *día dentro semana	6	40	0,69	0,6566
Contrastes	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
NS LIN.	1	20	5,03	0,0364
NS CUA.	1	20	0,08	0,7854

Método Tukey para tasa de bocado semanal 8:00

Semana	Estimación	Error estándar	Tukey-Kramer (p=<0,10)
4	25,7696	0,6332	B
8	33,0787	0,6337	A

Método Tukey para tasa de bocado diaria 8:00

Día	Estimación	Error estándar	Tukey-Kramer (p=<0,10)
2	29,9437	0,7666	A
4	29,954	0,7929	A
6	29,3746	0,7928	A

Variable dependiente: tasa de bocado 18:30

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	20	2,74	0,0704
Semana	1	20	1,29	0,2688
Día dentro semana	2	40	17,67	<.0001
Trat. *semana	3	20	1,99	0,1470
Trat. *día dentro semana	6	40	0,29	0,9382
Contrastes	Num. DF.	Den. DF.	F-Valor	Pr>F
NS LIN.	1	20	7,43	0,0130
NS CUA.	1	20	0,19	0,6708

Método Tukey para tasa de bocado semanal 18:30

Semana	Estimación	Error estándar	Tukey-Kramer (p=<0,10)
4	26,5749	0,5418	A

8	27,5034	0,5436	A
---	---------	--------	---

Método Tukey para tasa de bocado diaria 18:30

Día	Estimación	Error estándar	Tukey-Kramer ($p < 0,10$)
2	26,0326	0,6964	B
4	24,5766	0,6968	B
6	30,5038	0,6964	A
