

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE SEMILLA DE  
LUPINO EN LA RECRÍA A CORRAL DE TERNEROS

por

Francisco CABRERA CASTELLINI

Francisco ECHEVERRÍA BIANCHI

Ramiro JORAJURÍA HERRERA

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: 02 de junio de 2021

Autores: .....

Francisco Cabrera Castellini

.....

Francisco Echeverría Bianchi

.....

Ramiro Jorajuría Herrera

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias por su apoyo incondicional desde el primer momento. A nuestros tutores, estudiantes de maestría y al personal de la EEMAC por su ayuda. A estancia El Cerro y ALUR Paysandú por los recursos brindados.

## 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. ALIMENTACIÓN DIFERENCIAL DEL TERNERO.....	3
2.2. REQUERIMIENTOS DEL TERNERO EN EL ADT .....	5
2.2.1. <u>Requerimientos energéticos</u> .....	5
2.2.2. <u>Requerimientos proteicos</u> .....	6
2.2.3. <u>Metabolismo de las proteínas</u> .....	8
2.2.4. <u>Consumo, eficiencia de conversión y composición de la ganancia</u> ..	11
2.3. USO DE GRANOS DE DESTILERÍA EN LA DIETA DE TERNEROS .	13
2.3.1. <u>Características químicas y nutricionales</u> .....	13
2.3.2. <u>DDGS en la dieta de terneros: performance de terneros</u> .....	15
2.4. <i>Lupinus angustifolius</i> .....	16
2.4.1. <u>Características del cultivo</u> .....	16
2.4.2. <u>Características químicas y nutricionales del grano de lupino</u> .....	17
2.4.3. <u>Degradabilidad ruminal de la materia seca</u> .....	18
2.4.4. <u>Características de la proteína del lupino</u> .....	19
2.4.5. <u>Característica de los carbohidratos del lupino</u> .....	20
2.4.6. <u>Característica de los lípidos del lupino</u> .....	21
2.4.7. <u>Compuestos antinutricionales</u> .....	21
2.4.8. <u>Uso de grano de lupino en la dieta de rumiantes en condiciones estabuladas</u> .....	21
2.4.9. <u>Uso de grano de lupino en la suplementación de rumiantes en condiciones de pastoreo</u> .....	23
2.5. HIPÓTESIS.....	24
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	25

3.1.	LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL .....	25
3.2.	INFRAESTRUCTURA.....	25
3.3.	ALIMENTOS .....	25
3.4.	ANIMALES Y TRATAMIENTOS .....	26
3.5.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	26
3.6.	REGISTROS Y MEDICIONES.....	27
3.6.1.	<u>Patrón de consumo</u> .....	27
3.6.2.	<u>Digestibilidad aparente <i>in vivo</i></u> .....	27
3.6.3.	<u>Distribución del tamaño de partículas del alimento y aporte de fibra efectiva</u> .....	28
3.6.4.	<u>Registros climáticos</u> .....	28
3.7.	VARIABLES CALCULADAS .....	28
3.7.1.	<u>Ganancia de peso vivo</u> .....	28
3.7.2.	<u>Digestibilidad aparente de la MS y nutriente o fracción</u> .....	29
3.7.3.	<u>Eficiencia de conversión</u> .....	29
3.7.4.	<u>Patrón de consumo</u> .....	29
3.8.	ANÁLISIS QUÍMICOS.....	29
3.9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	29
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	32
4.1.	CONDICIONES AMBIENTALES .....	32
4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA .....	33
4.3.	PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA .....	35
4.4.	CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD .....	37
4.5.	PATRÓN DE CONSUMO .....	41
4.6.	DISCUSIÓN GENERAL.....	42
5.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	47
6.	<u>RESUMEN</u> .....	48
7.	<u>SUMMARY</u> .....	49
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	50

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Características químicas y nutricionales comparativas, DDGS de sorgo y lupino australiano.....	13
2. Consumo, eficiencia de conversión y ganancia media diaria de terneros en destete precoz a corral, difiriendo el nivel de inclusión de DDGS en la dieta .....	15
3. Consumo, eficiencia de conversión y ganancia media diaria en terneros según el nivel de inclusión de DDGS en la dieta..	16
4. Porcentajes promedios de coeficientes de digestibilidad de la materia seca, en raciones de novillos, con 2 especies de lupino y dos formas de procesamiento del grano.....	18
5. Contenido de proteína degradable digestible y proteína no degradable digestible de grano entero de lupino en ganado bovino.....	20
6. Respuesta productiva de vaquillonas con raciones formuladas con diferentes fuentes proteicas.....	22
7. Promedios de consumo de materia seca, ganancia diaria y eficiencia de conversión de alimento, en novillos con dos formas de procesamiento del grano de lupino australiano.....	22
8. Efecto de la suplementación con diferentes suplementos sobre la ganancia diaria de peso y eficiencia de conversión del suplemento.....	23
9. Composición de ingredientes de las raciones experimentales.	25
10. Composición química de los ingredientes utilizados en la dieta del experimento.....	26
11. Precipitaciones y temperatura durante el período experimental y la serie histórica de la EEMAC.....	32
12. Composición química de las raciones mezcladas del experimento difiriendo en el nivel de inclusión de grano de lupino en sustitución del DDGS de sorgo.....	34

13. Efecto del nivel de sustitución de DDGS por lupino sobre el peso vivo final, ganancia media diaria, altura final, área ojo de bife final, espesor de grasa dorsal final de los terneros Hereford alimentados a corral.....	36
14. Efecto del nivel de sustitución de DDGS por lupino sobre el consumo diario, digestibilidad aparente y eficiencia de conversión.....	38
15. Consumo de energía en los tratamientos, partición y eficiencia de uso.....	45

Figura No.

1. Evolución de peso invierno-primaveral en terneros.....	4
2. Esquema del sistema de proteína metabolizable, indicando las distintas fracciones en las diferentes secciones del tracto gastrointestinal del bovino.....	9
3. Interacción entre tratamientos y evolución de peso vivo a lo largo del experimento.....	35
4. Efecto del nivel de sustitución de DDGS por lupino sobre la digestibilidad y consumo del alimento para los animales en experimento.....	39
5. Interacción tratamiento por semana en el consumo (kg MS).....	40
6. Efecto del nivel sustitución de DDGS por lupino en la ración sobre el patrón horario de consumo de alimento a lo largo del día.....	42
7. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre el consumo de materia seca, eficiencia de conversión y ganancia diaria para los terneros en recría.....	44

## 1. INTRODUCCIÓN

Históricamente en Uruguay la cría de vacunos se ha realizado en zonas de suelos con bajo potencial productivo y la recría es una categoría que no es priorizada dentro del sistema, donde el campo natural es la principal base forrajera. La producción de materia seca del mismo se ve disminuida en forma marcada en el invierno debido a las bajas temperaturas, alta carga animal y escaso potencial productivo de estos suelos para realizar praderas o verdeos invernales, lo que explica la baja performance de los animales en esta estación. Hay estudios que indican que los terneros que pasan su primer invierno de vida a campo natural sin suplementación, experimentan pérdidas en torno a los 150 a 200 g/día.

El sistema de Alimentación Diferencial de Terneros (ADT) surge como una alternativa para mitigar la problemática invernal. Es un sistema de recría a corral que se basa en suministrar al ternero una ración totalmente mezclada, formulada de acuerdo a los requerimientos nutricionales del animal y las expectativas de crecimiento. Como resultado, mejora la performance de esta categoría animal y permite bajar la carga del campo, por lo tanto las demás categorías también se benefician de dicho sistema, al contar con mayor disponibilidad de forraje. Utilizar ADT en machos tiene como ventaja disminuir la edad de faena del novillo gordo, potenciando su crecimiento invernal y posterior. En hembras se aplica con el objetivo de disminuir la edad al primer entore, mejorando el progreso genético del rodeo y aumentar el % de preñez.

Dado que la alimentación es el costo principal de esta tecnología a nivel nacional, la investigación ha estado dirigida a evaluar el tipo de fibra utilizada, fuente y nivel de energía y proteína, entre otros, buscando mejorar la eficiencia de conversión (EC) del alimento. En los últimos años se han hecho diferentes evaluaciones con granos secos de destilería (DDGS), como fuente de energía y proteína, en sustitución parcial del sorgo grano y la harina de soja en la dieta, encontrándose niveles óptimos de inclusión en torno a 66% que mejoran la EC.

El lupino es una leguminosa invernal que presenta características nutricionales similares al DDGS en su aporte total de proteína y energía, no almidonoso, pero de bajo contenido de proteína no degradable en rumen. Reportes internacionales evaluando su uso en diversas especies lo describen como una fuente proteica de menor costo para alimentación animal y elevado valor nutritivo. Evaluado en el país, el cultivo parece ser interesante como alternativa para la rotación agrícola, en una época donde la agricultura es marcadamente estival y las opciones de invierno son escasas.



El objetivo de este trabajo es caracterizar el valor nutricional del grano de lupino como ingrediente de raciones para terneros, a través de su efecto sobre la performance animal a corral.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

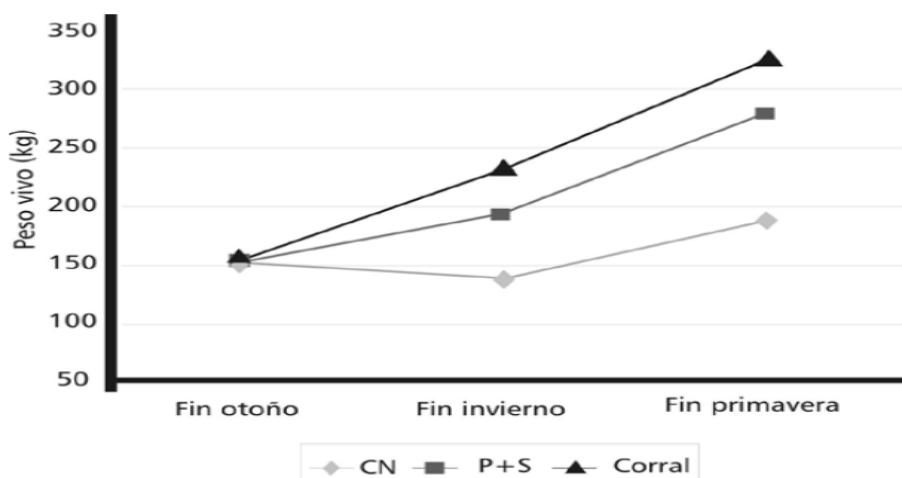
### 2.1. ALIMENTACIÓN DIFERENCIAL DEL TERNERO

El ADT se basa en un encierro temporal, donde se suministra al ternero una dieta de mayor calidad en comparación a la alimentación convencional a pasto, priorizando esta categoría dentro del sistema de producción y potenciando su crecimiento invernal y posterior.

Las principales ventajas del encierre estratégico de terneros radica en aprovechar la elevada EC y potencial de crecimiento del ternero, ventajas intrínsecas con respecto a categorías mayores, dado por la composición de la ganancia (mayor proporción de músculo) y menores requerimientos de mantenimiento (Ceconi et al., 2015). Permite lograr ganancias de peso vivo (PV) difíciles de alcanzar a pasto en la época en que los terneros están encerrados (otoño-invierno), esto se traduce en poder programar mejor la ganancia de peso de los animales en momentos en que las mismas son variables e impredecibles en condiciones de pastoreo según Beretta et al., citados por Ceconi y Elizalde (2008). Según los datos aportados por Simeone y Beretta (2008), el aumento de PV en la recría a corral se ubica entre 0,700 y 0,950 kg/d y la etapa de corral cubre un período de 90 a 120 días.

Luego de la etapa de recría a corral, los terneros pueden pasar a un crecimiento y engorde sobre pasturas (verdeos, praderas, campo natural), o continuar en un sistema de confinamiento total donde se engordan y terminan a corral. Esta estrategia ha sido introducida para mejorar la eficiencia e incorporar estabilidad al proceso ganadero en varias empresas. Ha permitido liberar superficie para agricultura y disminuir la competencia por superficie entre agricultura y ganadería. Permite aprovechar el momento de mayor EC del animal (edad temprana) en el período de menor eficiencia individual en pastoreo (otoño) y de forrajes más caros (verdeos de invierno). El objetivo del corral de recría es maximizar el crecimiento y la producción de carne a pasto y reducir la participación del corral de terminación (Ceconi et al., 2018).

En la figura No. 1 se muestra la evolución del PV de terneros con diferentes manejos durante la etapa invierno-primaveral. Como se puede apreciar, el engorde a corral siempre lleva una ventaja en ganancia de peso, en relación al manejo sobre pradera y una diferencia grande con el manejo sobre campo natural donde los terneros llegan a tener una pérdida de peso de hasta 200 gramos. Con terneros que tienen el mismo peso al finalizar el otoño, se puede apreciar el efecto del encierre invernal en el mismo invierno y posterior, al finalizar la primavera con mayor PV que los otros tratamientos.



CN: campo natural durante invierno-primavera. P+S= sobre pasturas sembradas y suplementados con granos, para luego manejarse sobre pasturas. Corral= manejados a corral durante el invierno (sistema ADT) y en primavera sobre pasturas.

Figura No. 1. Evolución de peso invierno-primaveral en terneros

Fuente: Simeone y Beretta (2008).

Esta ganancia de peso lograda, da la posibilidad de realizar la terminación completa a pasto o reducir el encierre de terminación, durante el cual el novillo tiene mayores requerimientos y menor EC del alimento en carne, lo que lleva a mayores costos por kilogramos ganados. Ceconi et al. (2015) reportan valores de EC para terneros y para novillos de 5,7 y 7,3 kg de MS alimento/kg carne producido, a favor de la categoría menor. También existen ventajas derivadas sobre el sistema, tales como el aumento de carga en el caso de criar a corral para luego engordar y terminar a pasto. En estos casos, los terneros permanecen encerrados durante el otoño y/o invierno y luego salen en primavera a la pastura donde la receptividad de los recursos es mayor. La combinación de cría a corral y terminación en pastoreo ha permitido incrementos importantes

de la producción de carne. Se han registrado aumentos de 50 % en producción en un año y reducciones de la duración de la invernada de 15 a 12 meses y mejoras del 20 al 30 % en el aumento de peso medio (Pordomingo, 2008). Lo que se busca es lograr una buena ganancia combinada invierno-primaveral, de manera tal que la ganancia en el corral no perjudique la posterior performance a pasto durante la primavera, estación en la cual es fundamental capitalizar la utilización del forraje a nivel de todo el sistema pastoril.

En cualquiera de estos casos, es importante tener en cuenta que el corral de recría es un corral de crecimiento y que existen factores que determinan que dicha etapa sea más o menos eficiente, no sólo en lo que respecta a los indicadores productivos de la misma, sino también en los de las etapas subsiguientes (Ceconi y Elizalde, 2008). El manejo que se realice, va a depender de los objetivos propuestos en el sistema de producción en cuanto al tiempo y peso de terminación propuesto.

## 2.2. REQUERIMIENTOS DEL TERNERO EN EL ADT

Las necesidades de mantenimiento son aquellas que permiten que un animal no gane ni pierda peso, es decir está en equilibrio energético (Rovira, 2008). El potencial productivo de un animal puede ser expresado solo cuando sus necesidades de mantenimiento estén cubiertas en el plano nutricional y quede un excedente disponible para ser transformado en producto (Lachmann y Araújo, 2000).

Cuando el consumo es menor a lo necesario para cubrir los costos de mantenimiento, el animal pierde peso, ya que no cubre las necesidades mínimas asociadas al metabolismo basal, la termorregulación y actividad voluntaria (NRC, 2001). A su vez, a medida que el consumo aumenta por encima de mantenimiento, se registran aumentos decrecientes en la ganancia de peso. Es importante tener en cuenta que cuando el consumo es demasiado reducido, la EC es muy baja porque los costos de mantenimiento son altos en relación a la energía ingerida (Di Marco, 2004).

### 2.2.1. Requerimientos energéticos

La energía empleada por los animales para mantenimiento se convierte y se disipa en el organismo como calor. El metabolismo basal es el calor producido de ese modo por el animal, la determinación forma parte de la estimación de la cantidad de energía neta que el animal debe obtener de los alimentos para cubrir las necesidades de mantenimiento. La evaluación del metabolismo basal no es sencilla debido a que el animal produce además calor

de otros orígenes como ser digestión, metabolismo, actividad voluntaria y varía según condiciones ambientales (McDonald et al., 1999).

Según Baldwin et al. (1980) los requerimientos de metabolismo basal se pueden dividir en dos grupos: funciones de servicio y mantenimiento celular. Las funciones de servicio son las llevadas a cabo por distintos tejidos en beneficio del organismo y se refieren a las funciones realizadas por el hígado, corazón, riñones, pulmones y sistema nervioso, las cuales representan entre 35 a 50 % de la energía destinada al metabolismo basal y variando considerablemente en función de la cantidad de alimento consumido. El segundo factor que influye en los requerimientos del metabolismo basal son las funciones del mantenimiento celular, los cuales hacen referencia a la re síntesis proteica, de lípidos y el transporte de iones, que son esenciales para el mantenimiento de los tejidos individuales y de las células. El mantenimiento celular representa de 40 a 55 % de la energía basal.

Con respecto a la termorregulación, los animales que se encuentran en un clima fuera de la neutralidad térmica modifican tanto su consumo como sus requerimientos para mantenimiento, también son afectados por otros factores climáticos como por ejemplo la lluvia. Se considera que los animales alcanzan su máxima performance en temperaturas entre 15 a 25°C y se consideran rangos neutros de temperatura de 5 a 15°C y de 25 a 35°C, causando un efecto negativo mayor en el consumo, cuando supera el rango alto (mayores a 35°C), que cuando están por debajo del rango bajo (menores a 5°C, Fernández, 1998). En cuanto a los requerimientos de mantenimiento, se pueden generar un aumento en los mismos de hasta 25% cuando la temperatura se eleva por encima de los valores neutros y aumentos de 39 a 43% por incremento calórico cuando la temperatura desciende por debajo del rango neutro de temperatura (NRC, 2001).

Por último, la actividad voluntaria se refiere a la actividad que realiza el animal para acostarse, levantarse, buscar y tomar agua, buscar e ingerir alimento. Los factores relacionados con estas acciones modifican los requerimientos de actividad voluntaria. En el caso de animales en confinamiento pueden ser: la distancia al comedero o bebedero, la pendiente, el nivel de barro en el corral y el tamaño del mismo. Según el NRC (2001), se estima que la actividad voluntaria representa un 10% de los requerimientos de mantenimiento en animales en confinamiento.

### 2.2.2. Requerimientos proteicos

Las proteínas constituyen, luego del agua, el componente más importante en el organismo animal, tanto por su participación cuantitativa como por las funciones que desempeñan (Church et al., 1993), representando en el

organismo animal entre un 15 y un 20% de la masa total. Cerca de la mitad se encuentra contenida en el tejido muscular, 30% en tejidos conjuntivos, esqueleto, piel y producciones asociadas tales como pelos y pezuñas, y el restante 20% en otros elementos funcionales constituyendo catalizadores orgánicos responsables de las reacciones metabólicas, membranas celulares, elementos de protección (anticuerpos), de transporte (hemoglobina en sangre, lipoproteínas de densidades variadas), reguladores del metabolismo (hormonas), y en ciertos casos, útiles como fuente de energía, aunque no son importantes como tal, ya que su principal valor radica en su capacidad de construir y renovar tejidos corporales (Bruggink, 1993). Además de ser necesarias para mantener los procesos biológicos, lo son para la reposición de tejidos y sangre y la formación de tejido muscular, siendo el principal compuesto orgánico de los órganos y tejidos blandos, cuyas funciones generales son estructurales, de motilidad y protección, son vitales para el correcto funcionamiento del organismo animal (Kolb, 1976).

Desde el punto de vista químico, la unidad estructural que constituye a las proteínas se denomina aminoácido. Los aminoácidos pueden ser esenciales y no esenciales, y su arreglo da origen a muchas moléculas proteicas distintas. Un aminoácido esencial es aquel que el animal no puede sintetizar o no puede sintetizar en las cantidades requeridas, mientras que uno no esencial es sintetizado por el metabolismo (Church et al., 1993). La carencia de estos altera la síntesis de proteínas, si el balance de nitrógeno tiende a negativo, lleva a la destrucción de proteínas estructurales generando un adelgazamiento del animal al verse afectados especialmente aquellos tejidos donde esta síntesis es más activa. Este proceso tiene como consecuencia un retraso en el crecimiento de animales jóvenes, cesando por completo en casos donde la carencia sea prolongada (Kolb, 1976).

Los requerimientos proteicos, varían según el estado de desarrollo del animal debido a los cambios fisiológicos (Orskov, 1988). La importancia del componente proteico de la dieta está determinada por los requerimientos del animal y por la constitución de la dieta. Los animales jóvenes, en estado de crecimiento, tienen mayores requerimientos proteicos que los animales adultos (Giraudó, 2006). Para la síntesis de tejido magro en ganado de carne los requerimientos proteicos son máximos en etapas tempranas de desarrollo, disminuyendo a medida que el animal se aproxima a su masa corporal magra objetivo, asociado esto al mayor peso relativo que representa la deposición de músculo con relación a la grasa (Simeone y Beretta, 2011).

Dentro de los requerimientos de proteína metabolizable (PM) hay determinados factores que influyen: raza, categoría animal, estado fisiológico, condición corporal, frame, entre otros. A su vez, dentro de estos existe

variabilidad según ganancia de peso diario que se quiera obtener y distinto peso animal (AFRC, 1993).

Según Mac Loughlin (2005), la participación de la proteína en la ganancia de peso disminuye a medida que los animales avanzan en su crecimiento, mientras que el consumo de MS por unidad de PV producido aumenta. En el caso de animales jóvenes, Mac Loughlin (2007), afirma que además de una mayor exigencia de proteína en la dieta, debe ser también mayor la proporción de proteína de sobre paso debido a que, como tienen un menor consumo y un menor tamaño del rumen, la proteína microbiana (Pmo) tendrá menor relevancia en cubrir los requerimientos de PM en comparación con animales adultos, en los que siempre y cuando el aporte de proteína degradable en el rumen (PDR) del alimento no sea limitante, es posible cubrir entre el 50 y 100 % de los requerimientos de proteína con Pmo. Cuando esta no es suficiente para cubrir los requerimientos de PM del animal, surge la necesidad de proteína no degradable en rumen (PNDR, Mac Loughlin, 2007).

### 2.2.3. Metabolismo de las proteínas

Según Reilling y Mattioli (2002), la digestión de las proteínas que ocurre a nivel intestinal, por la acción de las enzimas pancreáticas y de la membrana de los enterocitos da como resultado aminoácidos simples, producto del catabolismo de péptidos y proteínas. Cuando llegan al intestino no son los mismos que fueron ingeridos con la dieta, ya que más de la mitad es degradada por microorganismos del rumen, los cuales desdoblan las proteínas y los péptidos que el animal consume con la dieta, para formar sus propias proteínas, que serán utilizadas luego por el animal.

Como la proteína que ingiere el animal en la dieta, no es la misma que utiliza para cubrir sus requerimientos por los mecanismos mencionados del metabolismo de las proteínas en los rumiantes, es por esto que hoy en día se utiliza el sistema de PM, caracterizando así el aporte proteico de los alimentos.

#### 2.2.3.1. Proteína metabolizable

Los requerimientos proteicos se expresan como proteína absorbida, es un sistema que explica la degradación de las proteínas en el rumen y separa los requerimientos en las necesidades de los microorganismos y las necesidades del animal. La PM se define como la verdadera proteína absorbida por el intestino suministrada por Pmo y PNDR. Utilizarse tiene como ventaja la mayor información sobre los componentes del sistema (PDR y PNDR) que permiten una estimación más precisa de los mismos y que el sistema no se basa en falsos supuestos como el de PC donde todos los alimentos tienen el mismo grado de

degradación de proteína en el rumen y que la PC se convierte en PM con la misma eficiencia en todas las dietas. En el rumen, la fracción PDR es utilizada para la síntesis de Pmo, la que una vez en el intestino es absorbida como PM. La Pmo se considera un 80% proteína verdadera, digiriéndose un 80% (PM proveniente de la Pmo =  $Pmo * 0,64$ ). La fracción PNDR pasa sin modificaciones por el rumen, y al llegar al intestino se absorbe como PM, asumiéndose una digestibilidad del 80% (PM proveniente de la PNDR =  $PNDR * 0,80$ , NRC, 1996). Los requerimientos proteicos se determinan mejor utilizando los modelos 1 o 2, que se estiman a partir de la tasa de digestión de varias fracciones de carbohidratos y las tasas de pasaje. El modelo 1 utiliza los valores de PDR y PNDR de valores de tabla y el modelo 2, que es mecanicista, utiliza las tasas de degradación de varias fracciones de proteína para estimar PDR y PNDR. Los requerimientos de mantenimiento para terneros en crecimiento es de 3,8g de PM/kg de  $PV^{0,75}$  y el valor biológico de los aminoácidos absorbidos es de 66% (NRC, 1996).

Una vez absorbida la PM, es destinada a cubrir los requerimientos de proteína asociados a las funciones de mantenimiento y crecimiento del animal. Ya que la Pmo puede aportar entre un 50 y 100 % de los requerimientos de PM, la eficiencia en la síntesis de Pmo en rumen es un factor crítico si se pretende cubrir los requerimientos proteicos, por lo tanto predecir la producción de Pmo es un componente importante en el sistema de PM (NRC, 2001).

La figura No. 2 ilustra una aproximación de cómo sería el metabolismo de las proteínas una vez que ingresan al organismo del rumiante.

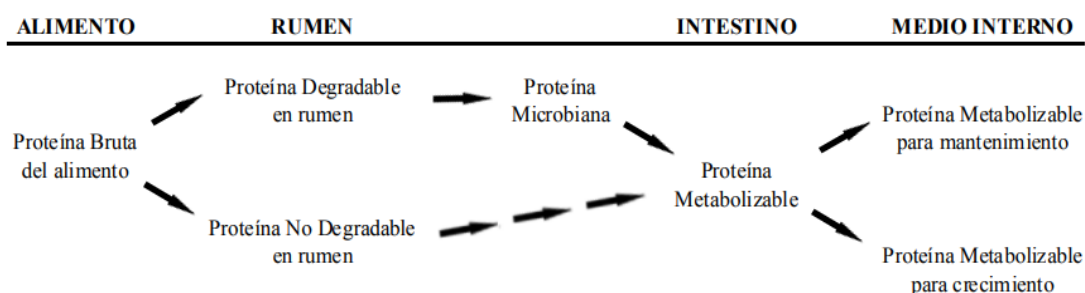


Figura No. 2. Esquema del sistema de proteína metabolizable, indicando las distintas fracciones en las diferentes secciones del tracto gastrointestinal del bovino

Fuente: NRC (2001).



### 2.2.3.2. Síntesis de proteína microbiana

Según Blanco (1999), desde el punto de vista de la fermentación, el rumen es un ente bastante independiente del animal, sin embargo ambos interactúan, existiendo un mutualismo entre los microorganismos y el animal. El rumen posee una serie de características que intervienen en el crecimiento de los organismos, como también variados factores que pueden afectar la eficiencia en la síntesis de Pmo con relación al amonio, algunos aminoácidos y péptidos lo que promueve una mayor síntesis de esta. El tipo de carbohidratos, ya sean estructurales o no estructurales en la ración pueden afectar la producción de Pmo, modificando la tasa de pasaje, fermentación y pH ruminal. El nivel de consumo de materia seca también es importante, alterando el pH y la tasa de pasaje (Mac Loughlin, 2007).

El 70 % del suministro de energía para el rumiante es aportado por los ácidos grasos volátiles (AGV), que a su vez son utilizados por los microorganismos para la formación de ácidos grasos y aminoácidos, los que se incorporan al metabolismo bacteriano. La mayor cantidad de estos productos son absorbidos y pasan a la sangre por el epitelio del rumen y retículo, siendo el restante absorbido en el omaso, transportados luego por vena porta hacia el hígado (Nava y Díaz, 2001). Nava y Díaz (2001), mencionan que en situaciones que se suministren dietas ricas en alimentos fibrosos (60 a 100% fibra), la fermentación es regulada por microorganismos digestores de fibra con períodos prolongados de rumia, abundante producción de saliva y un pH entre 6,2 y 6,8, favorable para la digestión de celulosa y consecuente elevada producción de acetato. En estos casos es relativamente baja la concentración y velocidad de absorción de los AGV, donde la capacidad de los animales para utilizarlos supera la síntesis.

En una dieta rica en concentrados donde proliferan microorganismos amilolíticos, con alta velocidad de multiplicación, dando así una elevada fermentación, representa períodos cortos de rumia, relativamente baja producción de saliva y un pH en torno a 5,4 y 6,0, favoreciendo la digestión del almidón con una elevada producción de propiónico. En este caso la velocidad de producción y absorción de los AGV es alta. Pero si la dieta es muy rica en proteína, hay suficiente nitrógeno para sostener el crecimiento, pero estará limitado por la falta de energía. Esto provoca que los microorganismos utilicen a los aminoácidos como fuente de energía y no para la síntesis de proteínas, lo que genera excesos de amoníaco (NH<sub>3</sub>) en el rumen, produciendo gran cantidad de urea en el hígado, que es eliminada por la orina, disminuyendo así la eficiencia del proceso (Nava y Díaz, 2001).

Russell et al. (1992), hacen referencia a que una disminución en la PDR reduce el rendimiento de la fermentación de los carbohidratos, obteniendo una menor producción de AGV y por lo tanto, una menor eficiencia energética de la dieta. Dado esto, una deficiencia de PDR puede provocar una reducción en la performance animal por más que se cumplan los requerimientos de PM.

Según Orskov (1988), la síntesis de Pmo se puede maximizar siempre y cuando haya cierta sincronización entre la energía fermentable disponible y el nitrógeno degradable para los microorganismos, pero Bach et al. (2005), mencionan que para que ese sincronismo sea el correcto también hay que tener en cuenta la conformación de la población de microorganismos en el rumen. Esta sincronía entre la degradación de los carbohidratos y la disponibilidad de proteína en rumen, optimiza la utilización de la PDR, el nivel óptimo de esta fracción que se requiere para proveer una adecuada concentración de N-NH<sub>3</sub>, no ha sido definido aún con claridad, dado esto Hoover y Stokes (1991), sugieren que para no afectar la síntesis de PM el nivel de PDR de la dieta debería ser mayor al 11 % (base seca), considerando que el máximo crecimiento de los microorganismos ruminales se obtiene cuando el contenido de PDR está entorno al 15 % en base seca. Como lo indican Fernández Mayer y Enrique (2001), una óptima sincronización entre los carbohidratos (CHO) y PDR en tiempo y forma, mejoraría la eficiencia y cantidad de PM formada.

Una de las diferencias del sistema a corral respecto al pastoril, es que el suministro del alimento en el corral se realiza con un mixer, en el cual los ingredientes van mezclados, ofreciendo así una ración totalmente mezclada (RTM), para que luego de consumida llegue al rumen en forma simultánea los diferentes componentes del alimento. De esta manera y favorecidos por el sincronismo energía-proteína, se desarrollan los distintos procesos metabólicos. Asimismo, se amortiguan las fluctuaciones del pH ruminal, mejorando el desarrollo de los microorganismos y con ellos, la digestión de la fibra (AGV).

#### 2.2.4. Consumo, eficiencia de conversión y composición de la ganancia

El término EC del alimento, es de los indicadores más importantes desde el punto de vista productivo, se refiere a la cantidad de materia seca de alimento requerida por unidad de peso ganado. Por ejemplo, una eficiencia de 5:1 se refiere a que se requieren 5 kilogramos de alimento (MS) para que el animal aumente 1 kilogramo. La conversión depende de las variables que afectan el mantenimiento y el consumo del animal y depende de forma directa del consumo de alimento y se relaciona al costo de mantenimiento. La eficiencia mejora a mayor consumo de energía porque se diluyen los gastos de mantenimiento del animal. Una vez cubiertos los requerimientos de mantenimiento, la EC comienza a aumentar de forma lineal dentro de un rango de consumo. Con el máximo de

consumo, la EC disminuye por diversos factores como puede ser mayor rechazo en el comedero, un aumento en los requerimientos de mantenimiento o disminución de la digestibilidad (Di Marco, 2004).

La ganancia de PV del animal consta de 4 tejidos predominantes, estos son: músculo, grasa, hueso y tejido conectivo, los cuales varían sus tasas de crecimiento y relación entre ellos dependiendo la etapa que se encuentre el animal, la edad, nutrición y sexo, entre otros (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2019).

En la etapa prenatal el tejido de mayor crecimiento es el hueso, seguido por el músculo, que le brindan al ternero al nacimiento un adecuado sistema locomotriz y la grasa tiene un crecimiento muy lento. Después del nacimiento el músculo pasa a tomar mayor crecimiento relativo con respecto al hueso y el tejido graso tiene baja prioridad hasta la pubertad donde comienza a manifestar una enorme capacidad de crecimiento, momento que se conoce como disparador y ocurre en distintos pesos dependiendo el grado de madurez.

El grado de madurez del animal, así como otras características, depende en gran medida del biotipo y el frame. El biotipo hace referencia a la composición genética la cual determina características fenotípicas, productivas y reproductivas comunes que lo hacen aptos para una producción determinada, como ejemplo en bovinos se encuentran los biotipos carniceros y lecheros, donde los primeros tienen mayor relación músculo:hueso que lo hacen más destacado en la producción de carne (Sánchez, s.f.). Por otra parte, el frame, es una medida empírica que se obtiene de una fórmula que tiene como variables la altura y edad del animal y se expresa en términos cualitativos como chico, mediano y grande. La medida de altura conviene hacerla en momentos donde la alimentación haya afectado lo menos posible, por lo tanto el momento óptimo sería al nacimiento pero, por practicidad, se hace al destete (Di Marco, 2004). Las razas británicas (Hereford, Angus) se denominan de maduración temprana y alcanzan el punto de madurez a un peso menor que las razas continentales y a su vez las hembras son más precoces que los machos dentro de la raza (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2019).

Se necesita 3 veces más energía para depositar un kg de tejido graso que un kg de tejido muscular (Brito y Jiménez de Aréchaga, 2019), esto se debe a que, si bien el costo energético de producir un kg de proteína y un kg de grasa es similar, la diferencia está en el agua que posee cada tejido. El músculo contiene en promedio 75% de agua lo que lo hace más 'barato' de producir que el tejido adiposo que contiene en promedio 15% de agua. La tasa de ganancia de peso también influye en la deposición, tanto de músculo, como de grasa. Al disminuir la ganancia se ve más resentida la deposición de grasa que la de músculo aumentando el porcentaje proteico (Di Marco, 2004).

Por lo tanto, resulta fundamental saber cuáles son las características del animal que determinan la relación tejido muscular/ tejido adiposo, así como saber el tipo de tejido que esté depositando, para poder estimar la EC que va a tener en el momento estudiado y bajo condiciones determinadas.

### 2.3. USO DE GRANOS DE DESTILERÍA EN LA DIETA DE TERNEROS

Los granos de destilería son los sólidos que se obtienen como subproducto del proceso de producción de bioetanol, el cual puede provenir de varios orígenes como ser maíz, sorgo u otros cereales (trigo y cebada).

El proceso comienza con el grano y su posterior molienda que lo deja pronto para la cocción (con agregado de agua) y licuefacción con agregado de enzimas amilolíticas, que hidrolizan el almidón a glucosa a partir de la cual, y mediante la fermentación de las levaduras, se produce etanol. El etanol va a un proceso llamado destilado completo, donde se obtiene el agua y los sólidos solubles que se separan posteriormente mediante centrifugado. Esos sólidos se conocen como sólidos gruesos o granos de destilería húmedos (WDGS), los cuales pueden comercializarse de esta forma o secarse para convertirse en DDGS (Erickson et al., 2007).

#### 2.3.1. Características químicas y nutricionales

Los granos de destilería húmedos o secos se caracterizan por ser alimentos ricos en energía, proteína, grasa y fósforo. En el cuadro No. 1 se muestra la composición química de DDGS de sorgo y en comparación con el grano de lupino australiano.

Cuadro No. 1. Características químicas y nutricionales comparativas, DDGS de sorgo y lupino australiano

	<b>DDGS sorgo</b>	<b>Lupino australiano*</b>
MS (%)	90,6	90,7
CT (%)	4,7	3,5
PC (%)	30,2	31,7
FDA (%)	12,0	18,0
FDN (%)	27,0	25,1
EE (%)	9,4	4,9
Ca (%)	0,06	0,29
P (%)	0,79	0,35
Mg (%)	0,4	0,31
EM (mcal/kg)	2,72	2,96

\*Grano entero. MS: materia seca, CT=cenizas totales, PC=proteína cruda, FDA=fibra detergente ácido, FDN=fibra detergente neutro, EE=extracto etéreo Ca=calcio, P=fósforo, Mg=magnesio, EM=energía metabolizable.

Fuente: adaptado de FEDNA (2019).

El almidón representa el 70% del grano y en el proceso de destilado se transforma en etanol y CO<sub>2</sub>, es por esto que los nutrientes restantes (proteína, EE y FDN) aparecen con una concentración aproximadamente 3 veces mayor respecto de su participación en el grano original (Erickson et al., 2007), que provoca que los subproductos obtenidos tengan mayor valor nutritivo que el grano que le da origen. Sin embargo, estas mismas características que son de interés al mismo tiempo limitan los niveles de inclusión en la dieta porque pueden causar excesos de lípidos y fósforo, se recomienda un nivel de inclusión máximo de 40 a 50% de forma de no exceder los niveles recomendados (Klopfenstein et al., 2008). Si esos rangos no son respetados, el exceso de grasa en la dieta puede afectar la degradabilidad ruminal de la fibra de dos maneras, generando un efecto tóxico que inhibe el crecimiento de la población microbiana (principalmente de bacterias celulolíticas) y disminuyendo la acción de los microorganismos, ya que mayor superficie queda recubierta por aceite (Plascencia et al., 2003).

La energía es aportada por los lípidos y la fibra cruda que se caracteriza por ser muy digestible (Beretta et al., 2012). Según Bruni et al. (2014) la elevada degradabilidad de la FDN se puede relacionar con la acción de los ácidos y enzimas que se utilizan durante el proceso de producción de etanol, que actúan en uno de los constituyentes más importantes del grano de destilería que es la pared celular, dejando esta fracción más disponible para el ataque microbiano.

A su vez el proceso de obtención de etanol también le confiere otras características al subproducto que lo diferencian de su origen, entre ellos un menor contenido de MS, menor pH, mayor acidez total y similar capacidad buffer que el grano de sorgo. Es probable que el agregado de ácido durante la industrialización del grano le provoque esa mayor acidez total y el menor pH (Lodge et al., 1997).

Según USGC (2012) los granos de destilería son una fuente muy rica en PC, y a su vez poseen valores elevados de PNDR, o proteína de sobrepaso. Pero generalmente no toda esa proteína está disponible para el animal ya que durante el proceso de elaboración es probable que se genere la reacción de Mailard y parte de la proteína se ligue con carbohidratos en forma química, lo que provoca que queden indigeribles para el animal.

Erickson et al. (2007) afirman que el alto valor de proteína de sobrepaso de los granos de destilería se debe a las características intrínsecas de la proteína y no al proceso por el que atraviesan de secado o el contenido de humedad, y parece no afectarle los daños por el calor recibido por lo tanto no se encuentra influenciada por la proteína insoluble en detergente ácido. El 65% de la PC que contienen los granos de destilería se encuentra como PNDR, lo que ocasiona que dietas que los usan como fuente de energía generalmente son deficientes en PDR pero tienen excesos de PM. Este exceso de PM puede ser convertido en urea y reciclado al rumen, donde es utilizado como fuente de PDR.

Según Huntington y Archibeque (2000), niveles altos de proteína en la dieta que superen los requerimientos para crecimiento y desarrollo, podrían tener efecto negativo en la performance animal provocando una disminución de la productividad. Esto se debe a que el animal va a tener que eliminar del cuerpo el amoníaco en forma de urea, pasaje que le implica un gasto de energía y produce riesgos de aumentar la contaminación ambiental. Sin embargo, Benchaar et al. (2013) indican que puede ocurrir una reducción en la concentración de NH<sub>3</sub> en la dieta cuando se sustituye grano de sorgo por DDGS como consecuencia de una reducción de los protozoarios en el rumen, por elevado consumo de grasas. Esa reducción de la población de protozoarios en el rumen provoca una mejora en la eficiencia del N, incrementando la síntesis de Pmo.

### 2.3.2. DDGS en la dieta de terneros: performance de terneros

Un experimento previo muestra el uso de DDGS de sorgo utilizado en una RTM alimentando terneros de destete precoz en confinamiento. Las dietas utilizadas diferían en el nivel de inclusión de DDGS en 0%, 15%, 30% y 45% de la MS, sustituyendo al grano de sorgo y harina de soja, el resto de la dieta se completaba con heno de alfalfa, melaza y núcleo vitamínico-mineral. Los resultados de consumo, EC y ganancia media diaria (GMD) se presentan en el cuadro No. 2.

Cuadro No. 2. Consumo, eficiencia de conversión y ganancia media diaria de terneros en destete precoz a corral, difiriendo el nivel de inclusión de DDGS en la dieta

VARIABLE	TRATAMIENTO				P-valor
	DDGS 0	DDGS 15	DDGS 30	DDGS 45	
CONSUMO*	3,43	3,79	3,62	4,04	S
EF. CONVERSIÓN**	3,52	3,83	3,97	4,28	S
GANANCIA MEDIA ***	1,21	1,24	1,11	1,12	NS

NS: no significativo. S= significativo. \*consumo en kg de MS. \*\*eficiencia de conversión. \*\*\*ganancia diaria en kg/día.

Fuente: adaptado de Cortazo y Anzolabehere (2017).

Como puede observarse en el cuadro No. 2, el consumo expresado en % de PV tuvo un aumento significativo al aumentar la inclusión de DDGS en la dieta con una respuesta lineal positiva, resultando también en un aumento en el valor de la conversión de alimento con respuesta lineal positiva.

En otro experimento realizado por Pancini (2018), evaluando los mismos niveles de inclusión de DDGS en un sistema ADT sustituyendo al sorgo grano y harina de soja, también se observó un aumento en la EC al aumentar el nivel de DDGS en la ración. En este caso la respuesta resultó explicada por una caída en la ganancia de peso cuando el nivel de DDGS superó el 30% de la MS.

Cuadro No. 3. Consumo, eficiencia de conversión y ganancia media diaria en terneros según el nivel de inclusión de DDGS en la dieta

VARIABLE	TRATAMIENTO				P-valor
	DDGS 0%	DDGS 15%	DDGS 30%	DDGS 45%	
CONSUMO*	2,95	3,18	3,12	3,17	NS
EF. CONVERSION**	4,52	4,64	4,63	5,39	S
GANANCIA MEDIA***	1,65	1,84	1,79	1,51	S

NS: no significativo. S= significativo. \*consumo en kg de MS. \*\*eficiencia de conversión. \*\*\*ganancia diaria en kg/día.

Fuente: adaptado de Pancini (2018).

De los experimentos previos se puede concluir en común que la EC tiende a empeorar a medida que se incluye mayor proporción de DDGS en la dieta, lo que quiere decir que por cada 1 % que aumento de DDGS necesito más cantidad de alimento para ganar 1 kg de PV. Esto va en la línea con lo reportado por Vasconcelos et al. (2007), quienes indican que una menor GMD y menor digestibilidad de la proteína en los granos de destilería secos son la razón por la cual se llega a una caída en la EC con el aumento de su inclusión.

## 2.4. *Lupinus angustifolius*

### 2.4.1. Características del cultivo

El *Lupinus angustifolius* es una leguminosa invernal con buena capacidad para fijar nitrógeno, muy eficiente en el consumo de agua y adaptada en mayor medida a suelos arenosos, posee un sistema radicular pivotante muy

fuerte. Las plantas usualmente alcanzan alturas de 60 a 80 cm y pueden producir abundante ramificación basal. La mayoría de las variedades tienen peso medio de grano entre 150 y 180 mg. El grano es relativamente oval, la mayoría de las variedades tiene grano moteado que varía de leve a intenso, aunque también hay de color blanco crema sin ornamentación. Las vainas contienen normalmente 4 a 6 granos. Tiene un hábito de crecimiento indeterminado ya que luego de la formación de estructuras reproductivas, algunas yemas siguen produciendo brotes vegetativos, que continúan el crecimiento de la planta. Esta especie tiene un ciclo de vida corto, que además de adaptarse a las condiciones ambientales del país, se ajusta muy bien al sistema de rotación agrícola y acarrea una serie de beneficios al sistema productivo, mejorando el comportamiento y la sanidad de la rotación (Mera et al., 2016).

La siembra permite ahorro de fertilizantes, debido a sus propiedades de utilizar el fósforo no disponible por otros cultivos regionales y captar nitrógeno atmosférico, dejando un balance positivo de nitrógeno en el suelo después de su cosecha. El lupino además, aprovecha la humedad y los nutrientes de capas profundas del suelo, absorbiendo elementos minerales poco solubles, por lo que mejora los cultivos posteriores (Larraín, 1977).

#### 2.4.2. Características químicas y nutricionales del grano de lupino

Se presenta en el cuadro No. 1 un resumen de las características químicas y nutricionales del grano de lupino. El grano de lupino como alimento se caracteriza por presentar altos niveles de proteína y EM, lo que lo hace atractivo para la suplementación de animales.

Dentro del género *lupinus* hay diferentes especies, que se pueden clasificar en dos grupos, las amargas y las dulces. Las amargas deben su nombre a su mayor contenido de alcaloides, lo que genera un amargor tanto en las partes verdes como en el grano. Dado esto, su uso en la antigüedad fue limitado en la alimentación animal y humana. Esto llevó a la búsqueda de especies naturalmente sin alcaloides. En Alemania, entre el 1927 y 1931, von Sengbusch y su equipo luego de analizar millones de individuos de las especies *Lupinus luteus*, *Lupinus angustifolius* y *Lupinus albus*, pudieron identificar algunas plantas con muy bajo contenido de alcaloides, hoy en día identificadas como variedades de tipo dulce (Mera et al., 2016).

El contenido de proteína puede variar de 29 a 47%, siendo el *Lupinus luteus* el que posee mayores contenidos proteicos (Mera et al., 2016), el contenido de aceite en grano es relativamente bajo, 10% *Lupinus albus*, 6% *Lupinus angustifolius* y 5% *Lupinus luteus*. Otra variedad como ser *Lupinus*



*mutabilis* tiene alto contenido de aceite, con un 18% en grano, siendo el que más se asemeja al grano de soja (Sedlakova et al., 2016).

Los niveles de FDN son de 25% de la semilla entera. La cubierta seminal se compone por 51% de FDN (von Baer, 1990) y 32% de extracto no nitrogenado (ENN) de alta degradabilidad (White et al., 2002).

#### 2.4.3. Degradabilidad ruminal de la materia seca

Una característica muy importante de la MS es su degradación ruminal. En el grano de lupino molido, experimentos realizados por White et al. (2002) en ovinos determinaron una degradabilidad de la MS de 81 a 84%. Años anteriores experimentos realizados por Rojas y Catrileo (1998), en los que evaluaron la digestibilidad del grano entero y grano molido, obtuvieron valores de 68,8 y 64,1% respectivamente. Esto parece ser algo contradictorio a lo evaluado por Valentine y Bartsch (1986), los que obtuvieron una disminución mayor al 11% en la digestibilidad de la MS del grano entero, explicada por la extracción de granos en las heces, en cantidades superiores al 24% de lo ofrecido. Estas diferencias en las respuestas a la forma de suministro de lupino (quebrado o entero) pueden estar explicadas según Morgan y Campling, citados por White et al. (2002), por la edad y tamaño de los animales, nivel de la suplementación y naturaleza del forraje.

Cuadro No. 4. Porcentajes promedios de coeficientes de digestibilidad de la materia seca, en raciones de novillos, con dos especies de lupino y dos formas de procesamiento del grano

<b>Especies de Lupino</b>	<b>Chancado (quebrado)</b>	<b>Entero</b>	<b>Promedio/especies</b>
Blanco	65,64	69,33	67,48 a
Australiano	64,11	68,83	66,47 a
Promedio/ procesamiento	64,88 b	69,01 a	

Diferentes letras indican diferencias estadísticas ( $P \leq 0,05$ ).

Fuente: White et al. (2002).

En cuanto al coeficiente de digestibilidad que se observa en el cuadro No. 4, no hay diferencias en cuanto a la variedad, pero sí se observan diferencias en el tratado del grano, siendo mayor la digestibilidad en grano entero.

#### 2.4.4. Características de la proteína del lupino

La importancia de esta leguminosa es resaltada por varios estudios ya que los niveles de proteína en planta son elevados, principalmente en el grano, los que rondan en el entorno del 30% de PC para el *Lupinus angustifolius* (Rojas y Catrileo, 1998).

Están compuestas principalmente por globulinas y en menor medida albúminas. Según el coeficiente de sedimentación, las globulinas están compuestas por dos proteínas principales 7S y 11S, siendo identificada esta última como g-conglutinina (Mironenko et al., citados por Van Barneveld, 1999). Adsule y Kadam, citados por Van Barneveld (1999) determinan que las globulinas son de almacenamiento multiméricas, las que son sometidas fácilmente a reacciones de asociación y disociación, permitiendo de esta manera un empaque eficiente dentro del cuerpo proteico en forma insoluble. En las proteínas del lupino Thank y Shibasaki, citados por Van Barneveld (1999) encontraron una mayor proporción de la proteína 7S en relación a la de tipo 11S.

Los altos niveles de globulina que presenta el grano de lupino hacen que las proteínas sean menos viscosas, en comparación con otros granos de leguminosas en los cuales aparece la albúmina en cantidades mayores. Las globulinas al ser de estructuras más compactas le confieren menor capacidad de amortiguación en un rango de pH neutro, esto se puede deber a que los grupos hidrofílicos se encuentren en el interior de la molécula (Satterlee et al., citados por Van Barneveld, 1999).

La composición aminoacídica de la proteína del lupino es equilibrada, característica común de toda leguminosa, excepto los aminoácidos azufrados como ser la metionina y cistina (Cubillos, 1977). En comparación con la soja, presenta bajos niveles de metionina, cisteína, lisina, treonina y triptófano, mientras que el contenido de arginina es significativamente mayor (Suchý et al., Stanek et al., citados por Sedlakova et al., 2016).

En cuanto al grado de degradación que sufre la proteína del lupino en el rumen según Orskov y McDonald (1979), es variable en torno al 42 y 95% utilizando la bolsa sintética. Los valores más bajos de degradación se asocian a granos enteros, mientras que los más altos corresponden a grano molido. Varios años después Sedlakova et al. (2016), hacen referencia a que la degradabilidad de la proteína en el rumen oscila entre 71 y 79% dependiendo de la variedad. Según Dixon y Hosking (1992), en la mayoría de los estudios sobre la degradabilidad de la proteína reportan una alta degradación, pudiendo variar respecto al método de preparación del grano, ya que puede influir en la proporción de PNDR. Pero según Margan (1994), en la mayoría de los casos la

proporción de proteínas y aminoácidos que alcanzan el abomaso sin sufrir cambios es bastante baja.

Cuadro No. 5. Contenido de proteína degradable digestible y proteína no degradable digestible de grano entero de lupino en ganado bovino

	Nivel productivo		Nivel productivo		Nivel productivo	
	Alto*		Medio*		Bajo*	
	PD %	PNDR %	PD %	PNDR %	PD %	PNDR%
Lupino grano**	75.6	5.6	77.8	3.7	80.9	0.9

\*tasa de pasaje del alimento 8%/hora, 5%/hora, 2%/hora, correspondientes a niveles productivos alto, medio y bajo respectivamente. \*\*31% de PC. PD: proteína degradable digestible. PNDR= proteína no degradable digestible. Los valores se expresan en % de la PC.

Fuente: adaptado de Anrique (2014).

Como se observa en el cuadro No. 5 los niveles de PDR son ampliamente superiores a los de PNDR, independientemente del nivel productivo.

#### 2.4.5. Característica de los carbohidratos del lupino

El grano de lupino se caracteriza por presentar niveles altos de EM en el entorno de 13 MJ/kg de MS (Petterson y Fairbrother, 1996).

Según Mera et al. (2016) contiene niveles muy bajos de almidón en el grano, pero posee altos niveles de carbohidratos solubles que oscilan entre un 12 a 14%, éstos son principalmente sacarosa y oligosacáridos como ajugosa, rafinosa, estaquiosa y verbascosa. En los cotiledones el contenido de azúcares solubles alcanza el 19%.

En un trabajo realizado por White et al. (2002) se alimentan ovinos a razón de 35 y 70% de grano de lupino en la dieta, en ninguno de los dos casos se encontraron problemas de acidosis, por lo tanto se concluyó que niveles altos de lupino en la dieta no serían un problema.

El grano de lupino a diferencia de otras leguminosas contiene fibra cruda más beneficiosa para las dietas de los animales. Dada su composición, los cuales son polisacáridos sin almidón, principalmente 1-4 galactano con alta capacidad de retención de agua. Las proporciones de fibras solubles e insolubles son 21,5 y 2,2 % respectivamente, en la semilla descascarada. En la cáscara el nivel de fibra soluble es mayor (86.2%) y de 1% para la fracción insoluble (Johnson y Gray, citados por Sedlakova et al., 2016).

#### 2.4.6. Característica de los lípidos del lupino

Según Mera et al. (2016), el contenido de lípido en los granos de lupino varía dentro y entre especies, en el caso del *Lupinus angustifolius* ronda entre 5 a 7% de la MS. Estos autores hacen referencia a que cuando los valores de materia grasa son superiores a éstos, lo hacen más susceptible a la rancidez.

Hess et al. (2008) hacen referencia que cuando los niveles de lípidos en la dieta son altos, el consumo voluntario y la digestibilidad de la fibra se ven afectados negativamente. Los principales ácidos grasos presentes en la especie en estudio son insaturados, pudiendo llegar a un 80%, compuesto principalmente por el ácido linoleico y en menor medida oleico (Sedlakova et al., 2016). Según Stahly, citado por Van Barneveld (1999), por los niveles de lípidos en el grano de lupino, es poco probable que afecte los patrones de fermentación ruminal, siendo nutricionalmente positivo, al afectar las contribuciones de ED y EM.

#### 2.4.7. Compuestos antinutricionales

El lupino tuvo desde sus orígenes altos niveles de alcaloides tanto en la planta como en el grano, que se cree desarrolló evolutivamente como mecanismo de defensa para escapar al consumo animal. Ese lupino se conoce como lupino amargo debido a que el alto contenido de alcaloides le proporciona ese sabor y fue la causa que durante mucho tiempo limitó que dicha especie sea utilizada para consumo animal o humano. Durante varios años se estudiaron especies de lupino bajas en alcaloides y mediante mejoramiento genético utilizando genes que bloquean la síntesis de alcaloides se lograron variedades con niveles bajos que no afectan el sabor ni generan problemas en la salud al ser ingeridos sin tratamientos previos. Estos genes han permitido generar variedades con contenidos inocuos de alcaloides (menor a 0,05% de la MS del grano), los que son conocidos como variedades dulces, categoría en la cual entra el *Lupinus angustifolius* (Mera et al., 2016).

#### 2.4.8. Uso de grano de lupino en la dieta de rumiantes en condiciones estabuladas

En un experimento realizado por Rojas et al. (2011) en Chile donde se probó la evaluación productiva de diferentes fuentes de proteína en vaquillonas estabuladas de razas británicas y 19-20 meses de edad, se obtuvieron las respuestas en performance animal que aparecen en el cuadro No. 6.

Cuadro No. 6. Respuesta productiva de vaquillonas con raciones formuladas con diferentes fuentes proteicas

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Peso inicial (kg/an)	320	320	320	320
Peso final (kg/an)	426	431	425	426
Incremento diario (kg/an)	1,38a	1,44a	1,36a	1,38a
Consumo diario (kgMS/an)	10	10,2	10	9,9
Conversión alimento (kg/kg)	7,2	7,1	7,3	7,2

Letras diferentes en sentido horizontal señalan diferencias estadísticas significativas.

Fuente: adaptado de Rojas et al. (2011).

La base de la dieta estuvo compuesta por ensilaje de pradera, cebada molida y sales minerales, variando la fuente proteica donde T1= urea, T2= grano de lupino australiano, T3= expeller de maní y T4= afrecho de soja. Como se puede observar no se evidencian diferencias entre tratamientos en la performance animal, pero si hay una ventaja del lupino en el análisis económico que lo muestra como una fuente de proteína más barata en el mismo experimento.

Otro experimento con lupino australiano es el presentado a continuación donde se realiza la comparación con lupino blanco y 2 tipos de procesamiento, quebrado y entero. La dieta se completa con grano de cebada, sales minerales y ensilaje de maíz. Fueron utilizados 28 novillos Hereford de 9 a 10 meses de edad y un PV inicial de 208 kg. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro No. 7.

Cuadro No. 7. Promedios de consumo de materia seca, ganancia diaria y eficiencia de conversión de alimento, en novillos con dos formas de procesamiento del grano de lupino australiano

	<b>Chancado (quebrado)</b>	<b>Entero</b>	<b>Promedio</b>
Consumo diario (kgMS/an)	6,24	6,22	6,23
Incremento diario (kg/an)	1,09	1,02	1,05
Conversión alimento (kg/kg)	5,74	6,12	5,95

Fuente: adaptado de Rojas y Catrileo (1998).

No hubo diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas por lo que se puede concluir que la molienda de los granos de lupino no se traduce en ventajas productivas. A su vez el mismo experimento muestra diferencias entre especies de lupino blanco y australiano, con mayor consumo diario de MS del lupino australiano e igual conversión de alimento, lo que lleva a tener mayor incremento diario de PV con el lupino australiano.

#### 2.4.9. Uso de grano de lupino en la suplementación de rumiantes en condiciones de pastoreo

Información recabada a nivel nacional en la cual se evalúa el DDGS, sorgo grano húmedo (SGH) y lupino australiano como suplemento en terneros de recría pastoreando verdeos de invierno dieron los resultados presentados en el cuadro No. 8.

Cuadro No. 8. Efecto de la suplementación con diferentes suplementos sobre la ganancia diaria de peso y eficiencia de conversión del suplemento

	<b>Lupino</b>	<b>SGH</b>	<b>DDGS</b>
Peso inicial (kg)	166,2	165,9	167,2
Ganancia diaria (kg/an/d)	0,95	0,67	0,87
Peso final (kg)	249,9	233,2	257,6
Consumo suplemento (kg MS/an/d)	2	1,96	1,92
Consumo suplemento (% PV)	0,94	0,91	0,97
Respuesta a la suplementación (kg/d)	0,43	0,15	0,35
Eficiencia de conversión del suplemento	4,65	13,1	5,48

SGH: sorgo grano húmedo

Fuente: Simeone et al. (2019).

La suplementación con sorgo presentó un déficit en la concentración de proteína de la dieta, que no ocurrió con los demás suplementos ya que al ser energéticos-proteicos se registra un aporte balanceado. Es por esto que la performance animal varió dependiendo del tipo de suplemento, la respuesta es mayor evaluada a través de la ganancia de peso, en 42% y 30% para el lupino y DDGS respectivamente, comparado con SGH.

Por esto se concluye que se daría un óptimo en las ganancias diarias cuando se da un adecuado balance energía-proteína, esto sucede cuando se suplementa con lupino y DDGS ya que los mismos aportan mayores niveles de proteína que cuando se suplementa con sorgo, el cual es un alimento energético, y por ende estaría en deficiencia la proteína para lograr mejores ganancias diarias. Cuando se suplementa con lupino se da un leve aumento de EM y aumenta la relación PDR/PNDR de la dieta, lo que puede generar una pérdida

de eficiencia en el uso del N porque su aporte excede la capacidad de síntesis de Pmo.

## 2.5. HIPÓTESIS

A partir de lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente hipótesis. Existe un nivel óptimo de sustitución de DDGS por lupino en la dieta de terneros alimentados a corral que maximiza la ganancia de PV y mejora la EC del alimento. Esta respuesta estaría asociadas a cambios en el consumo de MS y aprovechamiento de los nutrientes consumidos, afectando el valor nutritivo de la dieta.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó entre el 19 de junio y el 11 de septiembre de 2019, en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), Facultad de Agronomía (UdelaR). Se ubica en el km 363 de la ruta 3 en el departamento de Paysandú, litoral Norte del Uruguay, a 32°22’41” de latitud Sur, y 58°03’50” de longitud Oeste.

#### 3.2. INFRAESTRUCTURA

Se utilizaron 12 corrales a cielo abierto (0,2 m<sup>2</sup> de corral/kg de PV promedio) al inicio del experimento. Todos los corrales fueron delimitados por hilos eléctricos, cada uno contaba con un comedero y un bebedero.

#### 3.3. ALIMENTOS

Se utilizaron cuatro RTM con una relación voluminoso/concentrado de 24/76, difiriendo en nivel de sustitución de DDGS por grano de lupino (0%, 33%, 66% y 100% de sustitución). En el cuadro No. 9 se presenta la composición de ingredientes de la dieta.

Cuadro No. 9. Composición de ingredientes de las raciones experimentales

INGREDIENTES (%)	Niveles de inclusión de lupino			
	0%	33%	66%	100%
SORGO PLANTA ENTERA*	24	24	24	24
SORGO GRANO HÚMEDO	30	30	30	30
DDGS	30	20	10	0
LUPINO	0	10	20	30
NÚCLEO**	16	16	16	16

\*micropicado. \*\*contiene minerales y vitaminas conforme exigencias nutricionales, NaCl, monensina y levaduras.

El DDGS y lupino representan la principal fuente de proteína variando en el aporte de PNDR. En el cuadro No.10 se presenta la composición química de ambos alimentos.



Cuadro No. 10. Composición química de los ingredientes utilizados en la dieta del experimento

<b>Ingrediente</b>	<b>Lupino</b>	<b>DDGS</b>	<b>SGH*</b>	<b>SPE**</b>	<b>Núcleo</b>
MS (%)	91,59	89,82	90,26	92,83	93,61
C (%)	4,12	5,51	1,71	11,03	38,1
PC (%)	34,93	31,62	8,55	4,73	14,98
FND (%)	36,85	59,56	24,17	68,45	42,73
FDA (%)	16,54	23,98	8,99	40,74	8,9
PNDR (%PC)***	5,6	65	--	--	--
EM (mcal/kg)	2,96***	2,72***	3,11****	2,13****	--

\*sorgo grano húmedo. \*\*micropicado sorgo planta entera. \*\*\*datos obtenidos de tabla (FEDNA, 2019). \*\*\*\*datos obtenidos de tabla (NRC, 2000); MS: materia seca; C= cenizas; PC= proteína cruda; FND= fibra detergente neutro con amilasa corregida por cenizas (aFDNmo); FDA= fibra detergente ácida corregida por cenizas (FDAmo); PNDR= proteína no degradable en rumen; EM= energía metabolizable.

El DDGS fue adquirido a granel de la planta Alcoholes del Uruguay (ALUR) de Paysandú y almacenado en silo bolsa durante el período experimental.

El lupino fue adquirido y almacenado en bolsas de 40 kg, con un procesamiento previo de quebrado del grano a 2-4mm.

El SGH y SPE fueron producidos en la UPIC. El SGH fue molido y almacenado en silobolsa, el SPE fue micropicado y almacenado también en silobolsa.

### 3.4. ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Fueron utilizados 48 terneros Hereford (8-9 meses de edad) provenientes del rodeo de la EEMAC, nacidos en la primavera 2018. Los animales fueron bloqueados por manejo previo según tipo de destete al que fueron sometidos (destete precoz a corral: 279 kg; destete precoz a pasto= 193 kg; destete convencional= 164 kg). Dentro de cada bloque fueron asignados al azar a 4 grupos y estos sorteados a una de las 4 dietas experimentales (0%, 33%, 66% y 100% lupino en sustitución de DDGS)= 3 repeticiones por tratamiento y cada repetición integrada por 4 animales.

### 3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Previo al inicio del experimento, los animales agrupados por bloque fueron introducidos gradualmente a las respectivas dietas experimentales y condiciones de estabulación del 7 al 18 de junio. Finalizado ese período de adaptación los animales se pesaron siendo ese registro considerado como PV al

inicio del experimento. También se realizó control de parásitos internos y externos. Para el control de parásitos internos se utilizó Ricoverm (ricobendazol al 15%) de amplio espectro. Contra las enfermedades pulmonares y diarrea se usó Neumosan V4J5 y como sagüaipicida y control de ectoparásitos se utilizó Closantel Strauch 12,5%.

Durante el período experimental el alimento fue ofrecido *ad libitum*, distribuido en 2 comidas de igual cantidad, la primera a las 8h y la segunda a las 14h. El agua fue suministrada a voluntad asegurándose la calidad de la misma.

### 3.6. REGISTROS Y MEDICIONES

Al inicio y al final del período experimental se midió la altura al anca, área ojo de bife (AOB) y espesor de grasa dorsal (EGD). La altura al anca se midió utilizando una regla milimétrica, el AOB y EGD se estimaron por ultrasonografía. Durante el experimento el PV de los terneros se registró cada 14 días, siempre de mañana antes de la primera comida y sin ayuno previo. Diariamente se registró el consumo de MS como la diferencia entre la cantidad ofrecida y el residuo, descartándose éste una vez pesado.

La oferta de alimento se ajustó por la lectura diaria de comedero, en la cual se le aumentaba 5% la oferta diaria de MS a aquellos tratamientos en los que no se registraban rechazos de alimento.

Semanalmente se tomaron muestras de cada ingrediente (SPE, SGH, DDGS, lupino y núcleo) y de rechazo por corral, para la determinación del contenido de MS y ajuste de las cantidades ofrecidas. Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 60°C durante 48 horas, de manera tal de poder estimar el porcentaje de MS de los alimentos. Las muestras secas y molidas fueron conservadas para su posterior análisis químico.

#### 3.6.1. Patrón de consumo

El patrón de consumo fue caracterizado durante las semanas 2, 6 y 10 del período experimental. Tres días al azar de cada semana, se registró a intervalos de 1 hora, luego del primer suministro de alimento en la mañana y durante el período de hora luz (8 a 16 h), el peso del alimento residual en el comedero. Para registrar el consumo nocturno (16 a 8 h) se midió el rechazo a primera hora del día siguiente.

#### 3.6.2. Digestibilidad aparente *in vivo*

La digestibilidad aparente de la MS fue estimada utilizando como marcador interno la concentración de cenizas insolubles en ácido en heces y

alimento (Van Keule et al., 1977). El procedimiento tuvo lugar la semana 6. Durante 3 días consecutivos se realizó recolección de muestras de heces de todos los animales, el primer día se recolectaron las heces en la mañana, el segundo al mediodía y el último en la tarde. A estos efectos se observaron todos los terneros, recolectando las muestras desde el suelo a medida que se realizaban las deyecciones, intentando evitar la contaminación de éstas. Las muestras fueron congeladas para su conservación hasta su posterior procesamiento. Finalizado el experimento las muestras se descongelaron y se combinaron formando una muestra compuesta por repetición (totalizando 12 muestras), que luego fueron secadas en estufa de aire forzado a 60 °C durante 7 días y molidas a 1mm para ser conservadas hasta el posterior análisis químico.

El mismo procedimiento fue realizado con las muestras del alimento ofrecido y su correspondiente rechazo, comenzando un día previo al inicio de recolección de heces. En este caso las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado por 48 horas.

### 3.6.3. Distribución del tamaño de partículas del alimento y aporte de fibra efectiva

Durante la semana 9 se realizó la caracterización de la distribución del tamaño de partículas y la estimación del aporte de fibra físicamente efectiva (FDNfe), utilizando el separador de partículas Penn State. Este método se basa en realizar zarandeo y la proporción de partículas retenidas en la malla mayor a 1,18mm representa la FDNfe (Kononoff et al., 2003). Esta determinación fue realizada sobre muestras de la RTM y de sus ingredientes por separado con el objetivo de calcular la cantidad de fibra efectiva que aporta la dieta.

### 3.6.4. Registros climáticos

Durante el período experimental, los registros de lluvias, vientos y temperaturas fueron tomados de la estación meteorológica de la EEMAC, de la Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay.

## 3.7. VARIABLES CALCULADAS

### 3.7.1. Ganancia de peso vivo

Para el registro de PV se utilizó una balanza electrónica con capacidad y precisión de 2000 ± 0,5 kg. Los animales fueron mezclados previo a la pesada como forma de disminuir la probabilidad de un error sistemático. La ganancia diaria fue estimada por regresión.

### 3.7.2. Digestibilidad aparente de la MS y nutriente o fracción

Se realizó mediante el procedimiento de digestibilidad aparente *in vivo* y fue calculado a partir de la ecuación de estimación de la digestibilidad de la MS:  $DMS (\%) = [1 - (CMA/CMH)] * 100$ , siendo CMA= concentración del marcador en el alimento y CMH= concentración del marcador en heces.

La digestibilidad de nutriente o fracción (i) se realizó con la siguiente ecuación:  $Di = [100 * (Y - X) + X * DMS] / Y$  siendo X e Y la concentración de "i" en heces y alimento, respectivamente.

### 3.7.3. Eficiencia de conversión

La EC se calculó como el cociente entre el consumo medio diario de materia seca y la GMD para el período experimental.

### 3.7.4. Patrón de consumo

El consumo de alimento por hora, se calculó como la diferencia entre el alimento al inicio y al final de cada hora. También se calculó el consumo nocturno como la diferencia entre el alimento en la última pesada del día y el rechazo del día siguiente.

## 3.8. ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis químicos fueron realizados en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía. Las muestras de alimento ofrecido y rechazos colectadas semanalmente fueron combinadas en una muestra compuesta para el período experimental, cada semana contribuye con igual cantidad. Sobre las muestras de heces se determinó contenido de materia orgánica (MO, AOAC, 2012; método 942.05), PC ( $N \times 6.25$ ; AOAC, 2012; método 984.13), EB (Harris, 1970), FDN usando  $\alpha$ -amilasa y corrigiendo por contaminación con cenizas (aFDN<sub>mo</sub>) y FDA (Van Soest et al., 1991), EE (AOAC, 2012; método 920.39). Sobre muestras compuestas del alimento y de heces por corral tomadas para la evaluación de la DMS se determinó el contenido de MO y cenizas insolubles en ácido.

## 3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado según un diseño de bloques al azar considerado el corral con 4 animales como unidad experimental, utilizando un modelo general incluyendo el efecto de la media general, bloque y tratamiento.

$$Y_{ijk} = \beta_0 + \zeta_i + B_j + \epsilon_{ijk}$$

Dónde,

$Y_{ijk}$ : peso final, AOB final, EGD final... etc.

$\beta_0$ : intercepto

$\zeta_i$ : efecto del i-esimo tratamiento ( $i= 0, 33, 66, 100\%$ )

$B_j$ : efecto del j-esimo bloque ( $j= DPC, DPp, DC$ )

$\epsilon_{ijk}$ : error experimental

Las variables con medidas repetidas en el tiempo como PV y consumo, fueron analizadas utilizando el procedimiento Mixed de SAS.

El efecto de los tratamientos sobre GMD (coeficientes de regresión de las rectas ajustadas) fue estudiado mediante un modelo de heterogeneidad dependientes del PV en función del tiempo, de la forma:

$$Y_{ijklm} = \beta_0 + \zeta_i + B_j + \epsilon_{ijk} + \beta_1 dl + \beta_1 i \zeta_i dl + \sigma_{ijkl}$$

Dónde,

$\beta_0$ : intercepto

$\zeta_i$ : efecto del i-esimo tratamiento ( $i= 0, 33, 66, 100\%$ )

$B_j$ : efecto del j-esimo bloque ( $j= DPC, DPp, DC$ )

$\epsilon_{ijk}$ : error experimental

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

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

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

$\sigma_{ijkl}$ : es el error de la medida repetida en el tiempo (dentro de animales)

El consumo de MS fue analizado de acuerdo al siguiente modelo general:

$$Y_{ijkm} = \mu + \alpha_i + B_j + \epsilon_{ij} + S_k + D_l(S)_k + (\alpha S)_{ik} + \delta_{ijkm}$$

Dónde,

$Y_{ijk}$ : consumo de MS (kg/a/día, %PV)

$\mu$ : media poblacional

$\alpha_i$ : efecto relativo del i-esimo tratamiento ( $i= 0, 33, 66, 100\%$ )

$B_j$ : efecto del j-esimo bloque ( $j= DPC, DPp, DC$ )

$\epsilon_{ij}$ : error experimental del i-esimo tratamiento y j-esima repetición

$S_k$ : efecto relativo del k-esima semana de medición del consumo

$D(S)_k$ : es el efecto de los días dentro de cada semana

$(\alpha S)_{ik}$ : efecto relativo de la interacción entre los efectos del i-esimo tratamiento y k-esima semana de medición

$\delta_{ijk}$ : error experimental del i-esimo tratamiento, j-esima repetición y k-esima semana de medición

Cuando el efecto de tratamiento fue significativo, se analizó la significancia del efecto lineal y cuadrático asociado al nivel de inclusión de lupino. Cuando alguno de estos efectos fue significativo, se ajustaron las líneas de tendencia para las media por tratamiento, calculándose el coeficiente de regresión lineal o el nivel óptimo, respectivamente. Se consideró un efecto estadísticamente significativo cuando la probabilidad de error Tipo I fue menor al 5%.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CONDICIONES AMBIENTALES

En el cuadro No. 11 se observan los valores mensuales promedio de precipitaciones y temperaturas que se presentaron en el período experimental y se comparan con valores mensuales promedio de una serie histórica (2002 al 2018), datos obtenidos de la estación meteorológica de la EEMAC.

Cuadro No. 11. Precipitaciones y temperatura durante el período experimental y la serie histórica de la EEMAC

	<b>Jun SH</b>	<b>Jun- 19</b>	<b>Jul SH</b>	<b>Jul- 19</b>	<b>Ago SH</b>	<b>Ago- 19</b>	<b>Set SH</b>	<b>Set- 19</b>
<b>Precipitaciones (mm)</b>	51,7 ± 13,95	202,4 ± 20,74	69,0 ± 13,96	28,2 ± 3,76	108,4 ± 13,96	104,4 ± 10,71	103,5 ± 13,97	36,8 ± 4,74
<b>T media (°C)</b>	11,9 ± 5,79	14,8 ± 3,67	11,7 ± 5,79	11,2 ± 4,20	13,1 ± 5,79	11,7 ± 4,35	15,1 ± 5,77	15,4 ± 3,85
<b>T máx.prom. (°C)</b>	23,9	19,4	23,8	16,4	23,8	17,5	23,8	21,9
<b>T mín. prom. (°C)</b>	12,7	10,6	12,7	10,6	12,7	6,3	12,7	9

SH: serie histórica 2002 – 2018.

Fuente: Facultad de Agronomía. EEMAC<sup>1</sup>

Las precipitaciones acumuladas en el período experimental fueron de 371,8 mm, mientras que el promedio histórico acumulado en los cuatro meses fue de 332,6 mm. Particularmente, en el mes de agosto no se observaron diferencias con los registros históricos pero si las hubo en los demás meses, donde en julio y setiembre las precipitaciones fueron menores y en el mes de junio las mismas se encontraron por encima de la media histórica para ese mes (202,4 vs. 51,7).

El efecto de las precipitaciones más relevante es la presencia de barro en el corral, que afecta el comportamiento de los animales, el consumo y el gasto energético de mantenimiento. Los animales con barro en el corral tienden a

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía. Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Normales climatológicas en el período del 19 de junio al 11 de septiembre del 2019. Paysandú. s.p. (sin publicar).

comer con menos frecuencia y el pelaje embarrado reduce el aislamiento y por lo tanto, aumenta el gasto de energía por termorregulación (Mader, 2011). Halfman (2016) indicó que el barro dificulta la movilidad de los animales en el corral, aumentando el gasto de energía para moverse de hasta 10%. En el año experimental no se evidenciaron problemas con el barro en los corrales que afectaran el comportamiento y la performance productiva de los animales.

Con respecto a las temperaturas medias que se presentaron en el año experimental no tuvieron diferencias con las temperaturas medias de la serie histórica y siempre estuvo por encima de la temperatura mínima que afecta la performance animal (5°C).

Comparando a grandes rasgos se puede concluir que el año en el que se llevó a cabo el experimento no difirió con el promedio de la serie histórica en los dos factores, temperatura y precipitaciones, por lo que se puede determinar que el efecto año no influyó en los resultados obtenidos.

#### 4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA

La composición química del lupino australiano utilizado en el experimento fue superior en MS, CT, PC y FDN (cuadro No. 10), las mayores diferencias se dieron en PC y FDN con una diferencia de 3,23 y 11,75 respectivamente en puntos porcentuales de diferencia, respecto a la reportada por FEDNA (2019, cuadro No. 1), para lupino australiano. A su vez, a efectos de comparación del DDGS, hubo diferencias de MS, CT, PC, FDN y FDA, con la mayor diferencia en FDN (+32,56) y FDA (+11,98) en % a favor de los datos obtenidos en el experimento comparado con FEDNA (2019, cuadro No. 1).

La sustitución creciente de DDGS por lupino, no modificó la composición química de las RTM experimentales ofrecidas en término de concentración de MS, CT y PC. Como se refleja en el cuadro No. 12, la sustitución total de DDGS por lupino representó un aumento de 1% en el contenido proteico, resultando este para los cuatro tratamientos por encima del mínimo (14%) necesario para lograr cubrir los requerimientos de proteína que la categoría animal requiere para ganancias de 1 kg/d (Pordomingo, 2005).

Sin embargo, a medida que aumentaron los niveles de inclusión de grano de lupino, los porcentajes de aFDN<sub>mo</sub> y FDA<sub>mo</sub> tuvieron un 14 y 11% de variación respectivamente, entre los tratamientos 0 y 100% de inclusión, equivalente a un 14% menos de aporte de fibra en la dieta (cuadro No. 12). Estos valores eran esperados, debido a que la composición química de los ingredientes obtenida en el experimento dio como resultado menor contenido de FDN y FDA del lupino comparado con DDGS (cuadro No. 10).



Cuadro No. 12. Composición química de las raciones mezcladas del experimento difiriendo en el nivel de inclusión de grano de lupino en sustitución del DDGS de sorgo

	<b>Niveles de inclusión de lupino</b>			
	0%	33%	66%	100%
<b>MS(%)</b>	91,3	91,5	91,6	91,8
<b>C(%)</b>	10,9	10,8	10,6	10,5
<b>PC(%)</b>	15,6	15,9	16,2	16,6
<b>aFDNmo (%)</b>	48,4	46,1	43,8	41,6
<b>FDAmo (%)</b>	21,1	20,3	19,6	18,9
<b>FDN efectiva (%)</b>	45,5	43,3	41,2	39,1
<b>EM (Mcal/kg)*</b>	2,62	2,64	2,66	2,68
<b>EM (Mcal/kg)**</b>	2,26	2,28	2,30	2,33

\*Calculado a partir de FDA. EM= EB\* DMS a partir de FDA \* 0,82 (AFRC, 1993).

\*\*Calculado a partir de valores de tabla de los ingredientes \* % en la dieta. MS: materia seca; C= cenizas; PC= proteína cruda; aFNDmo= fibra detergente neutro con amilasa corregida por cenizas; FDAmo= fibra detergente ácida corregida por cenizas; EM= energía metabolizable. Valores promedio para el periodo de evaluación.

En el tratamiento 0% lupino, la energía es aportada por el almidón del grano de sorgo, la FDN altamente digestible y el EE que caracterizan al DDGS (Beretta et al., 2012). Ham et al., Luebbe et al., Xu et al., citados por Pancini (2018), reportan una mayor digestibilidad de la FDN, y lo atribuyen a la mayor degradabilidad de la FDN debida a una reducción en el contenido de almidón en la dieta que favorecería el medioambiente ruminal para la degradabilidad de la fibra. Pancini (2018) obtuvo como resultado un aumento en la tasa de pasaje al aumentar la inclusión de DDGS, provocando una reducción en la degradabilidad potencial de la dieta, lo cual podría afectar el aprovechamiento de la misma.

A medida que aumentó la inclusión de lupino, si bien la cantidad de sorgo molido es la misma, se observa un mayor aporte de EM en el tratamiento 100%. Como el contenido de almidón en grano es bajo, esa mayor energía puede estar explicada por los altos niveles de carbohidratos solubles, principalmente sacarosa y oligosacáridos (Mera et al., 2016). Con respecto a la fibra, según Acosta y La Manna (2015) para ganado a corral, la recomendación más general se encuentra en torno al 15-20% de FDNfe que es la cantidad de fibra con capacidad de estimular la rumia y salivación.

Mertens (1987) reporta un valor óptimo FDNfe de 15%, indicando que se observa una relación lineal positiva entre la GMD de PV y el contenido de FDNfe cuando éste es menor al 10% de la MS, y una relación lineal negativa cuando la

misma supera el 15%. No obstante, reporta que existe muy poca variación en GMD cuando la FDNfe varía entre 12 y 18% de la MS, por lo que las recomendaciones podrían ser modificadas en función del objetivo de producción. En el caso de las RTM del experimento, todas presentan una FDNfe mayor a la recomendada, por lo que no presenta problemas en la estimulación de la rumia ni descontrol en el pH ruminal (acidosis). La FDA es determinante para mantener una actividad fermentativa adecuada, Pordomingo (2002), menciona que es necesario que los elementos fibrosos aseguren un mínimo de 10% de FDA. Según la composición química analizada en las RTM experimentales se observaron valores por encima de este mínimo.

Según Anrique y Barchiesi-Ferrari (2011), el flujo de PNDR hacia el intestino delgado puede ser incrementado si se reduce la degradación ruminal de la proteína dietaria. En el experimento, a medida que se fue incrementando la inclusión de lupino, es de esperar que el flujo de PNDR disminuya.

En el tratamiento 0% lupino, el agregado de DDGS en la dieta provocaría un aumento de la PNDR, incrementando la eficiencia de utilización de la proteína a través de la digestión intestinal (Luebbe et al., Ham et al., citados por Pancini, 2018). Esta posible mejora no afectó positivamente a la GMD, siendo la más baja del experimento.

#### 4.3. PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA

En la figura No. 3 se pueden observar las curvas de la evolución de PV de los animales en los diferentes tratamientos.

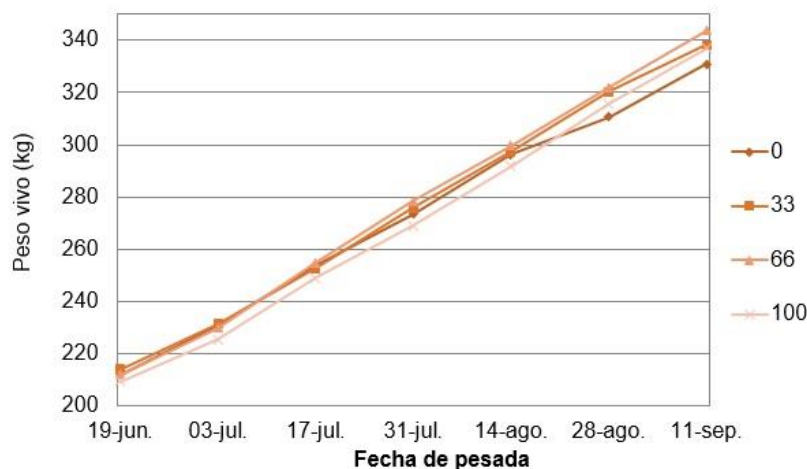


Figura No. 3. Interacción entre tratamientos y evolución de peso vivo a lo largo del experimento

Durante el período experimental, el PV aumentó en forma lineal en todos los tratamientos, mostrando diferencias en la pendiente de la curva representando la ganancia diaria ( $P < 0,05$ ) y consecuentemente en el peso a la salida del corral ( $P < 0,01$ ). En el cuadro No. 13 se presentan las medias ajustadas por tratamiento para las variables describiendo el crecimiento animal.

Cuadro No. 13. Efecto del nivel de sustitución de DDGS por lupino sobre el peso vivo final, ganancia media diaria, altura final, área ojo de bife final, espesor de grasa dorsal final de los terneros Hereford alimentados a corral

	Niveles de sustitución DDGS por lupino *				EE	P valor del efecto	
	0%	33%	66%	100%		L	C
Peso inicial (kg)	212	214	211,9	209,3	2,17	0,34	0,32
GMD (kg/día)	1,32	1,50	1,57	1,49	0,05	0,03	0,01
Peso final (kg)	325,3	340,8	343,8	334,1	1,63	<0,01	<0,01
Altura inicial (cm)	104	104,8	104,8	103,8			
Altura final (cm)	121,7	121,3	121,9	120,8	0,99	0,63	0,79
AOB inicial (cm <sup>2</sup> )	36,3	37,1	38,8	36,1			
AOB final (cm <sup>2</sup> )	54,8	53,9	55,4	56,3	1,3	0,34	0,56
EGD inicial (mm)	2,3	2,4	2,6	2,3			
EGD final (mm)	5,0	6,3	7,2	6,0	0,26	0,01	<0,01

\*Nivel de inclusión de DDGS en la dieta 0: 30% de la RTM. EE= error estándar, L= lineal, C= cuadrático, GMD= ganancia media diaria, AOB= ancho de ojo de bife, EGD= espesor de grasa dorsal.

La GMD respondió en forma cuadrática ( $R^2 = 0,99$ ) al sustituirse DDGS por lupino, en donde la máxima experimental se da en el tratamiento de 66% de inclusión (1,57 kg/d). La estimación del máximo en la función es con 63% de inclusión de lupino. El mismo tipo de respuesta fue observado para el peso final y engrasamiento animal. Para las demás variables, altura al anca y AOB no se observó efecto del tratamiento.

Pancini (2018) evaluando niveles crecientes de inclusión de DDGS en la RTM (relación voluminoso/concentrado de 8/92) reporta una ganancia diaria de 1,79 kg/d con un 30% de inclusión de DDGS para terneros en ADT que es un resultado mayor que el obtenido con el tratamiento 0% de éste experimento (30% de inclusión de DDGS en la RTM) donde la GMD fue de 1,32 kg/d.

Con un peso inicial similar y ganancias de peso con diferencias significativas era de esperar que el PV final también presente diferencias ( $P <$

0,01) entre los tratamientos y que el que obtuvo mayor ganancia de peso durante el experimento sea el que alcance mayor peso final.

El EGD varió muy poco al inicio entre los tratamientos, pero presentó diferencias significativas al final, lo que indica que fue afectado de diferentes maneras de acuerdo al tratamiento. El que presentó mayor espesor de grasa final fue el tratamiento de 66% de inclusión de lupino, se esperaba una respuesta de esta manera ya que coincide con el tratamiento de mayor GMD donde la deposición de grasa (tasa de engrasamiento), tiene participación en dicha ganancia. Según Mac Loughlin (2014) un aumento en la ganancia de peso provoca una tasa de engrasamiento mayor y una relación lineal positiva entre el PV y deposición de grasa en la res en machos castrados de raza británica, lo que coincide con lo obtenido en el experimento.

#### 4.4. CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD

Durante el período experimental las condiciones de alimentación fueron efectivamente *ad libitum*, registrándose niveles de alimentos residual promedio de  $7,6\% \pm 0,91$ , no presentando diferencias significativas entre tratamientos. Pero si se registraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las semanas de experimento, con el menor nivel de rechazo obtenido de 3,1% la semana 6 y el máximo de 11,33% la semana 9.

El consumo diario de MS, expresado tanto en base diaria (kg/día) como en relación al peso (kg/ 100 kg de PV), fue afectado por los tratamientos ( $p < 0,01$ ), observándose que, por cada un punto porcentual de sustitución de DDGS por lupino en la dieta, el CMS disminuyó aproximadamente 0,03 kg/día o 0,01 kg/100kg de PV (cuadro No. 14). Esto coincide con Rojas y Catrileo (1998), quienes indican que a medida que aumenta el contenido de lupino en la dieta el consumo de MS se ve limitado, regulado por alta concentración de energía como se discute más adelante en este capítulo.

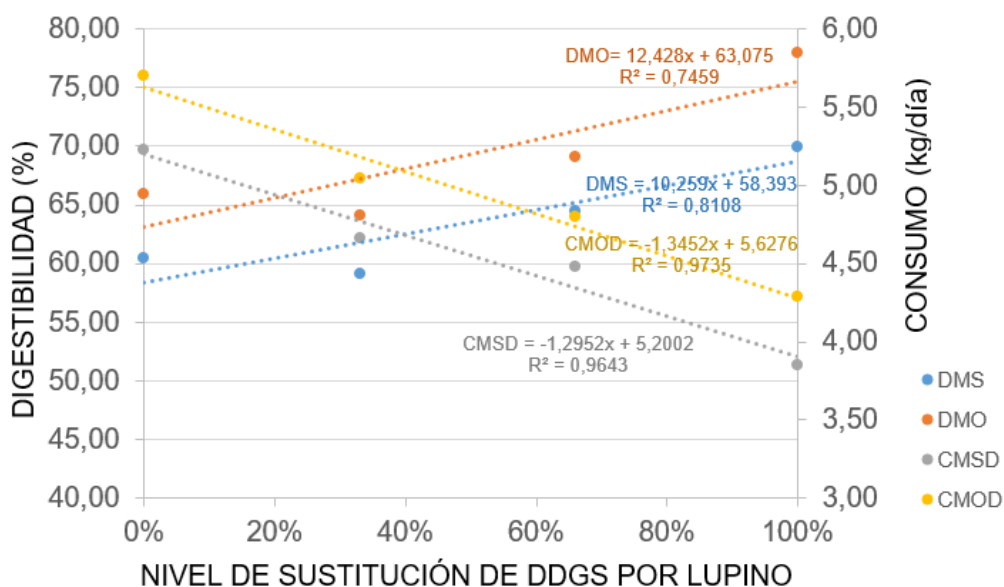
Cuadro No. 14. Efecto del nivel de sustitución de DDGS por lupino sobre el consumo diario, digestibilidad aparente y eficiencia de conversión

	Nivel de inclusión de Lupino				Efecto P-valor	
	0%	33%	66%	100%	Lineal	Cuadrático
CMS (kg)	8,6	7,9	6,9	5,5	<0,01	0,18
CMS (kg/100Kg PV)	3,3	2,9	2,5	2,1	<0,01	0,47
DMS(%)	60,4	59,1	64,5	69,9	0,02	0,22
DMO (%)	65,9	64,0	69,1	78,0	0,01	0,09
DEB (%)	68,4	63,4	72,6	83,9	0,06	0,19
CMSD (kg/d)	5,2	4,7	4,5	3,8	0,01	0,91
CMOD (kg/d)	5,7	5,1	4,8	4,3	0,01	0,77
CEM (kg/d)	18,6	16,5	15,8	13,5	0,01	0,94
EC	6,5	5,2	4,4	3,6	<0,01	0,40

L: lineal, C= cuadrático. DMS= digestibilidad de materia seca. DMO= digestibilidad de materia orgánica. DEB= digestibilidad de energía bruta. CMSD= consumo de materia seca digestible. CMOD= consumo de materia orgánica. CEM= consumo de energía metabolizable. CMS= consumo de materia seca. EC= eficiencia de conversión (Kg de alimento necesario para ganar 1 Kg de PV).

En el cuadro No. 14 se observa que la digestibilidad de la MS y de la MO aumentaron linealmente con el nivel de lupino en la RTM, registrándose para la energía bruta (DEB) una tendencia a aumentar sin diferencias significativas ( $p=0,06$ ). Lo contrario ocurrió con el CEM que presentó una tendencia lineal negativa ( $p=0,01$ ) al aumento de lupino en la dieta.

Para facilitar el análisis conjunto de la digestibilidad y el consumo, en la figura No. 4 se observa la respuesta de las variables estudiadas.



DMS: digestibilidad de la MS, DMO= digestibilidad de la MO, CMSD= consumo de MS digestible, CMOD= consumo de materia orgánica digestible.

Figura No. 4. Efecto del nivel de sustitución de DDGS por lupino sobre la digestibilidad y consumo del alimento para los animales en experimento

El CMOD siguió una tendencia lineal negativa ( $p=0,01$ ) al agregado de lupino en la dieta, o sea que por cada 1 punto porcentual de aumento en el nivel de sustitución de DDGS por lupino, el CMOD disminuyó 0,013 kg/día. Lo mismo ocurrió con el CMSD, que presentó una tendencia lineal negativa ( $p=0,01$ ). Los valores más altos de CMOD y CMSD se obtuvieron cuando se les proporcionó la dieta 0% lupino con valores de 5,7 y 5,2 kg/día respectivamente. A medida que se incrementó la inclusión de lupino, hasta un 100%, ambos consumos disminuyeron, tomando valores de 4,3 kg/día de CMOD y 3,8 kg/día de CMSD.

Por otra parte, también se encontró efecto significativo de la semana experimental ( $p<0,01$ ) y de la interacción tratamiento por semana ( $p<0,01$ ), observándose un aumento en el consumo en kg de MS por día a razón de 208 gramos por semana como se observa en la figura No. 5.

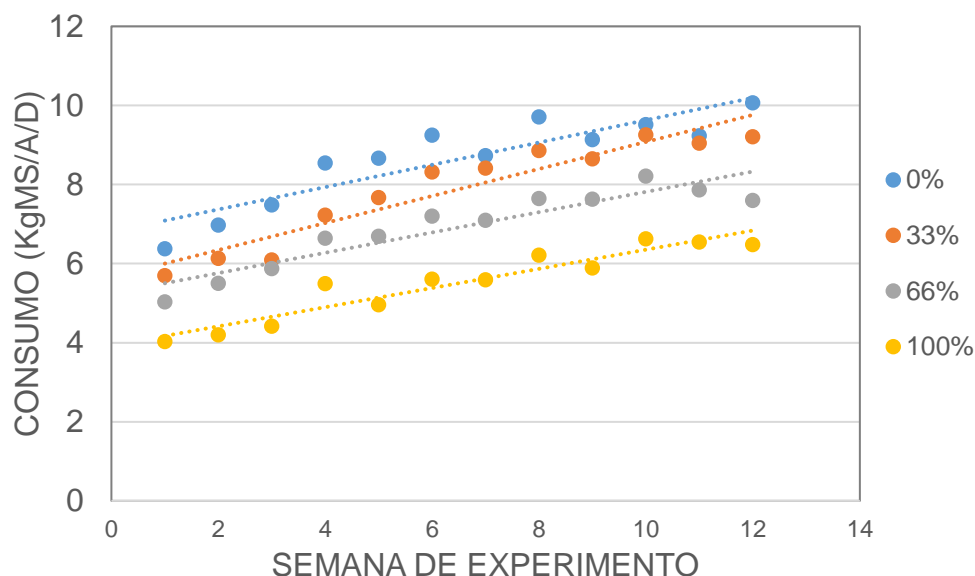


Figura No. 5. Interacción tratamiento por semana en el consumo (kgMS)

En cuanto a las DMS Y DMO, se observa en el cuadro No. 14 que ambas aumentan a medida que se incrementa el nivel de inclusión de lupino, en el tratamiento 0% la DMS es de 60,4% y comparándola con la dieta 100% de lupino se da un aumento de 9,5%. En la DMO se observa un incremento de 12,1% al aumentar la inclusión de lupino de 0 a 100%.

La menor DMS y DMO en el tratamiento con mayor contenido de DDGS, se puede atribuir al elevado CMS provocando un incremento en la tasa de pasaje a lo largo del tracto digestivo (Galyean et al., Mc Neill et al., Theurer, Huck et al., Brown et al., citados por Pordomingo, 2002). Según Bulang et al., citados por Araújo y Vergara (2007), el tiempo de retención del alimento en el rumen es muy importante para caracterizar el valor alimentario, especialmente la degradabilidad. Esta información es esencial para optimizar el uso del nitrógeno y la energía disponible para la síntesis de Pmo en el rumen.

La tasa de pasaje no está regulada solo por el tamaño de partícula, sino que también debe cumplir varios criterios antes de salir del rumen, reducir el tamaño y flotabilidad, aumentar la gravedad específica funcional (GEF) y las posibilidades de abandonar el rumen, aumentan con el tiempo de retención (Prigge et al., Histrov et al., Lund et al., citados por Araújo y Vergara, 2007).

Las partículas más pesadas contienen más fibra indigestible y menos N, por lo tanto, alcanzan una GEF más rápido y abandonan el rumen en menos tiempo (Histrov et al., citados por Araújo y Vergara, 2007), en cambio Lund et al., citados por Araújo y Vergara (2007) hacen referencia a que las partículas del

alimento con FDN digestible permanecen mayor tiempo en el rumen debido a esta retención selectiva. Dado esto Huhtanen et al., citados por Araújo y Vergara (2007) concluyen que la digestibilidad potencial y la densidad están inversamente relacionadas.

En cuanto al tamaño de partícula, Benchar et al., Lodge et al., citados por Pancini (2018), hacen referencia a un aumento en la tasa de pasaje debido a una reducción en el tamaño de partícula de la dieta causado por la incorporación de DDGS. Mediante el separador de partículas de tres tamices, Penn State, se calculó el factor de efectividad de la fibra (fef), como la sumatoria total de partículas con tamaño mayor a 1,18 mm (Kononoff et al., 2003) por alimento, el fef para lupino fue superior al fef de DDGS. Según Poppi et al. (1985), las partículas con un tamaño mayor a 1,18 mm son retenidas en el rumen, caracterizadas por presentar una elevada resistencia al pasaje a través del mismo y explicaría una mayor retención del alimento.

En los 4 tratamientos del experimento, no hubo diferencias en la concentración energética de las RTM, medida en EB. La diferencia que se observó en la caída del CEM (kg/d) a medida que se incrementó la inclusión del grano de lupino, es explicado por el menor CMS (kg/d).

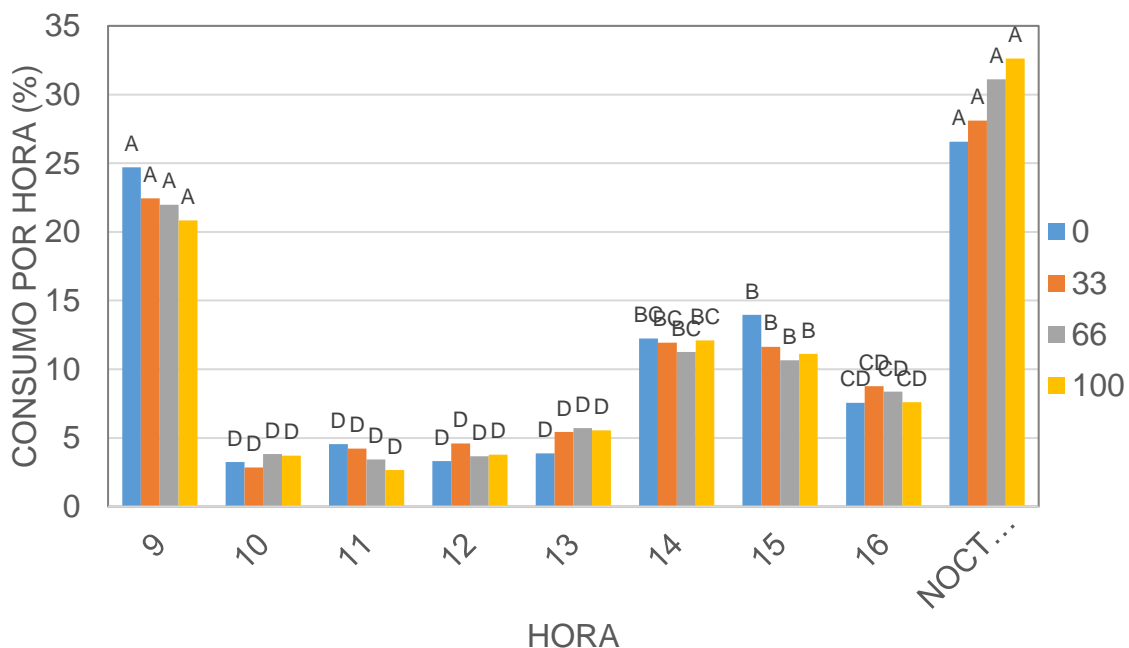
Según Rojas y Catrileo (1998), cuando en las raciones el valor de EM es superior a 2,6 mcal/kg, el consumo de MS se ve regulado. Lo que coincide con los postulados de Dinius y Baumgardt (1970), que señalan que el consumo voluntario de los rumiantes disminuye en la medida que las RTM presentan concentraciones energéticas superiores a 2,5 mcal/kg de energía digestible.

Montgomeri y Baumgardt, citados por Rojas y Catrileo (1998) señalan que el consumo es mínimo con digestibilidades de 69% de las raciones, debido a la regulación química del consumo voluntario, por un aumento de los AGV a nivel ruminal, principalmente propiónico, generado por la mayor concentración de la RTM. El aumento en la digestibilidad al incremento de lupino se da por una menor velocidad de paso de los granos, que supone un mayor tiempo de rumia. Esto es lo que sucede en el experimento cuando se sustituye DDGS por lupino en la dieta.

#### 4.5. PATRÓN DE CONSUMO

En la figura No. 6 se presentan los patrones de consumo, en la que se observa el consumo de los animales a lo largo del día.





Sustitución DDGS por lupino en 0, 33, 66 y 100%. Horario de suministro de alimento: 8 y 14 h. Consumo expresado como porcentaje de la MS total diaria consumida. Medias seguidas de diferentes letras difieren estadísticamente ( $P < 0,05$ ).

Figura No. 6. Efecto del nivel sustitución de DDGS por lupino en la ración sobre el patrón horario de consumo de alimento a lo largo del día

No se observaron diferencias en el patrón de consumo entre tratamientos. Los mayores consumos se dieron entre 16 h a 8 h del día siguiente (nocturno) y a la hora 9. Luego se dio un descenso en el consumo hasta las 14h, el cual aumentó levemente al suministrarse la segunda comida. El aumento en el consumo tiende a coincidir con el suministro de alimento a las 8 y 14h, concordando con Ayçaguer et al. (2011) quienes reportan que los animales mostraron una mayor actividad de consumo en las horas en que se les es suministrado el alimento.

#### 4.6. DISCUSIÓN GENERAL

A medida que aumentó el nivel de inclusión de lupino en la RTM, el consumo disminuyó de forma lineal ( $P < 0,01$ ) y la GMD aumentó con respuesta cuadrática ( $P = 0,01$ ) teniendo un máximo en el tratamiento con 63% de inclusión de lupino en la dieta (figura No. 7).

La capacidad de síntesis de Pmo tiene un límite por el aporte de energía y PDR. Siempre se trata de producir la mayor cantidad posible de Pmo, pero no

es suficiente cuando se pretenden altas GMD y para cubrir los requerimientos es importante disponer de PNDR. El lupino es una fuente rica en PDR representando el 75,6% de la PC (Anrique, 2014) que permitiría generar buena producción de Pmo. La combinación del lupino con el DDGS, que es una excelente fuente de PNDR (65% de la PC) debido a una característica inherente a la proteína (Erickson et al., 2007), representaría un balance PDR/PNDR que permite maximizar la GMD, en el tratamiento de 66% de inclusión de lupino. En cambio, el tratamiento con 0% de inclusión de lupino no dispone de suficiente biomasa microbiana para hacer la digestión de la fibra y la utilización del resto de componentes de la dieta, lo que podría limitar el aporte de energía, y explica la baja GMD obtenida.

En el lupino, según Orskov y McDonald (1979), la degradación de la proteína está inversamente relacionada con su ritmo de paso a través del rumen. Sin embargo, los cambios en la degradabilidad de la proteína producidos por variaciones en la tasa de pasaje a través del rumen, son pequeños y afectan poco al flujo de proteínas de la dieta no degradada en el rumen hacia el intestino delgado.

La proteína del lupino es rica en albúminas y globulinas, lo que la hace muy soluble y su degradación en el rumen es rápida (Van Straalen y Tamminga, 1995). Distintos estudios relativos al grano de lupino (Aguilera et al. 1992, Aufrere et al. 2001, Remond et al. 2003, González y Andres 2003) revelan que la degradabilidad efectiva de su proteína es elevada (87,49%), por lo que su fracción no degradable es baja. Dada esta alta degradabilidad es una fuente de proteína importante para la síntesis de Pmo (Guedes y Dias Da Silva 1996, González y Andres 2003). A diferencia de lo que ocurre con la proteína del DDGS que es caracterizada por su elevado contenido de PNDR, a su vez Machacek y Kononoff (2009) relevaron que existe una correlación positiva entre el contenido de FDA y ADIN, y un efecto negativo sobre la digestibilidad de la PC. Por lo tanto, el agregado de DDGS en la dieta provoca un aumento de la PNDR, incrementando la utilización de la proteína a través de la digestión intestinal.

Según Gutiérrez-Ornelas y Klofeinstein (1991) una vez cubiertas las necesidades de PDR, con el fin de incrementar la producción y mejorar la eficiencia es necesario aumentar la disponibilidad de PM en el intestino. La EC (representando los kg de MS necesarios para ganar 1 kg de PV) disminuyó linealmente ( $p < 0,01$ ) a medida que aumentó la inclusión de lupino en la dieta. Como indica el valor "b" de la ecuación lineal, por cada punto porcentual de aumento de inclusión de lupino en la dieta la EC disminuyó 0,03.

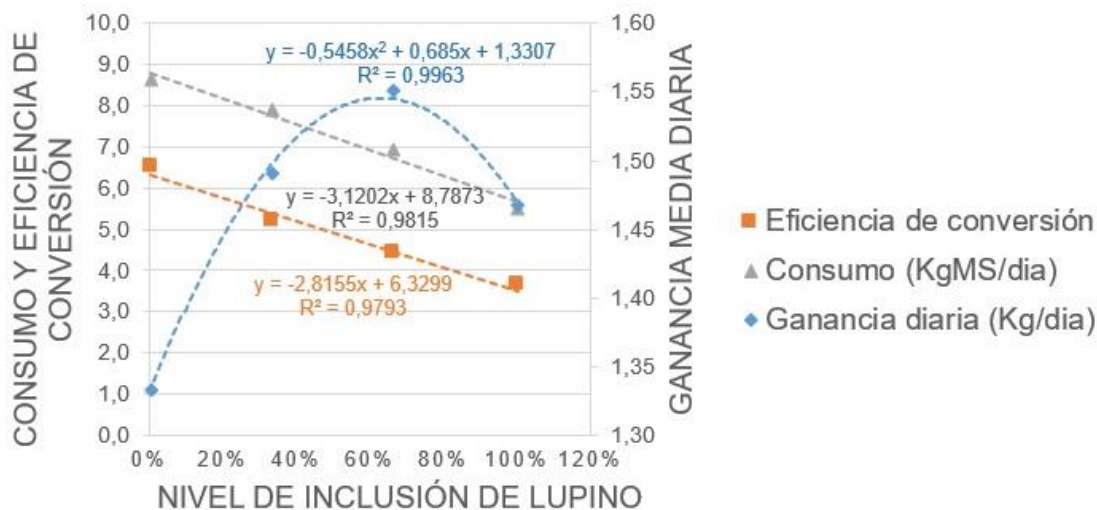


Figura No. 7. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre el consumo de materia seca, eficiencia de conversión y ganancia diaria para los terneros en recría

El comportamiento de la EC coincide con lo reportado por Pancini (2018), quien evaluando niveles crecientes de DDGS en la ración de ADT también reportó una disminución lineal de la EC, en dicho caso explicada por una menor GMD y menor digestibilidad de la proteína. Para 30% de inclusión de DDGS, este autor reporta una mejor EC de 4,63 respecto a la obtenida en el presente trabajo, lo cual puede responder a la menor relación voluminoso/concentrado de la dieta.

La ingesta de alimento en los rumiantes está mayoritariamente regulada por la presencia del alimento en el rumen. Según Forbes (1995), Faverdin (1999), Lu et al. (2005), la distensión del rumen y los aspectos químicos y bioquímicos derivados de la digestión ruminal posibilitan a los rumiantes el control de la ingesta de alimento. El descenso lineal del consumo observado coincide con un experimento realizado en cabras, en el que uno de los alimentos evaluados fue el lupino. Dado esto, Robinson y McNiven (1993) hacen referencia a que la menor ingesta de la dieta suplementada con lupino podría asociarse al efecto negativo de la grasa sobre la fermentación ruminal y las características de la FDN que presenta el grano de lupino. La mayor proporción de FDN se encuentra en la cáscara del grano que es de lenta degradación y tiende a hincharse al humedecerse por lo que conlleva a un aumento en el volumen ruminal. Esto, junto con la mayor dilución de energía por mayor contenido de FDA en los tratamientos con mayor proporción de DDGS en la dieta, es lo que explica la disminución en el consumo al sustituir DDGS por lupino coincidiendo con lo reportado por May et al. (2010).

Como muestra el cuadro No. 15 a medida que aumenta el nivel de lupino en los tratamientos, la digestibilidad de la EB de las RTM tiende a aumentar de forma lineal, y siguiendo el esquema de partición de la energía contenida en los alimentos presentado por Trujillo y Marichal (2014), un alimento con mayor digestibilidad de la EB va a resultar con mayor ED y a su vez el coeficiente de metabolibilidad (qm) sigue la misma tendencia, por lo que la EM va en aumento y finalmente se presenta mayor EN para mantenimiento y producción (ganancia de peso en este experimento). Por otra parte, al aumentar la metabolibilidad de la dieta, con una misma cantidad de MS consumida de las RTM se obtendría mayor EN para ganancia de PV, debido a la mayor eficiencia de uso de la EM para ganancia de peso a medida que aumenta la inclusión de lupino. Por lo tanto la relación kg MS de alimento necesarios por kg de PV ganado mejora.

Cuadro No. 15. Consumo de energía en los tratamientos, partición y eficiencia de uso

	0%	33%	66%	100%
EB (mcal/kg)	4.54	4.78	4.50	4.71
DEB (%)	68.4	63.4	72.6	83.9
ED (mcal/kg)	3.10	3.03	3.27	3.95
EM (mcal/kg)	2.54	2.49	2.68	3.24
CMS (kg/dia)	8.6	7.9	6.9	5.5
CEM (mcal/d)	21.88	19.63	18.48	17.83
qm	0.56	0.52	0.60	0.69
km	0.70	0.68	0.71	0.74
kg	0.44	0.41	0.47	0.54

EB: energía bruta obtenida mediante análisis químico. EM= energía metabolizable calculada como EB\*qm. CEM= consumo de EM. qm= metabolibilidad de la energía (EM/EB). km= eficiencia de uso de energía para mantenimiento. kg= eficiencia de uso de energía para producción.

Vasconcelos y Galyean (2008) reportan una correlación negativa entre la EN de la dieta y la EC. La disminución lineal en el valor de la EC registrado, estaría explicado por un aumento en la ENg de la dieta.

Según Fernández Mayer y Enrique (2001) existe una correlación negativa entre el contenido energético de la dieta y el consumo de MS, lo que concuerda con lo obtenido en este experimento donde a medida que aumenta la EM se registra un descenso en el consumo por parte de los animales. La explicación de esto es que a altos niveles de consumo, se reduce la EM de la ingesta por un aumento en la tasa de pasaje, disminuyendo el tiempo medio de retención de la ingesta en el rumen (AFRC, 1993). Cuando esto sucede, el bajo

nivel de energía genera un desbalance energía:proteína, obligando al animal a recurrir a la fermentación de la proteína verdadera dietaria para generar energía y aumenta la producción de N-NH<sub>3</sub>. A su vez genera una disminución en la utilización de ese compuesto y una ineficiencia en el uso de la proteína verdadera al aumentar las pérdidas de nitrógeno por vía urinaria (Fernández Mayer y Enrique, 2001) que provoca contaminación al medio ambiente. El desbalance energía:proteína explicado es el que se presenta en el tratamiento con 100% de sustitución de lupino, razón por la cual se obtuvo una caída en la GMD ante la disminución en el CEM.

## 5. CONCLUSIONES

En la recría de terneros alimentados a corral con dietas concentradas isoproteicas, incluyendo DDGS a razón del 30% de la MS como fuente de energía y proteína, niveles crecientes de sustitución de DDGS por lupino australiano, mejoran en forma lineal a la EC. Esta respuesta resulta de una caída en el CMS y una respuesta cuadrática de la GMD que se maximiza para relación DDGS:lupino de 33%/66%.

## 6. RESUMEN

El trabajo realizado presenta como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de grano de lupino en la recría a corral de terneros. Los niveles de inclusión de lupino evaluados fueron 0, 33, 66 y 100% en el cual se sustituye DDGS por lupino en la dieta. La misma presenta una relación voluminoso/concentrado de 24/76, donde la fracción voluminoso está constituida por sorgo planta entera y la fracción concentrado por 30% lupino/DDGS, 30% sorgo grano húmedo y 16% núcleo. El efecto de la inclusión fue evaluado sobre consumo, digestibilidad, ganancia de peso, eficiencia de conversión, área ojo de bife, altura del anca y espesor de grasa dorsal. El presente trabajo fue realizado en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni", Facultad de Agronomía, ubicada en el departamento de Paysandú en el km 363 de la Ruta 3. El mismo tuvo una duración de 85 días donde previamente se realizó un período de acostumbramiento, el cual fue del 7/06/2019 al 18/06/2019, luego del mismo fue llevado a cabo el trabajo experimental el cual comenzó con el encierro de los animales el 19/06/2019 y culminó el 11/09/2019. Para el trabajo se utilizaron 48 terneros de la raza Hereford nacidos en la primavera 2018, provenientes del rodeo de cría de la EEMAC. Para el experimento se realizaron tres bloques con cuatro tratamientos cada uno, dichos bloques se diferenciaban en el tipo de destete realizado (destete precoz a corral, destete precoz a campo y destete convencional). Los cuatro tratamientos diferían en la dieta, en la cual se sustituye DDGS por lupino (T0 0% lupino, T1 33% lupino, T2 66% lupino y T3 100% lupino). Para ganancias de peso vivo hubo una respuesta cuadrática ( $p < 0,05$ ) registrándose el máximo en el tratamiento con 66% de lupino (1,57 kg/día) y el mínimo en el tratamiento con 0%, el mismo tipo de respuesta se observa en el engrasamiento animal, a pesar de que el consumo de MS tuvo una tendencia lineal negativa ( $p < 0,05$ ) con el agregado de lupino en la dieta. En cuanto a la eficiencia de conversión se observa una respuesta lineal negativa al incrementar el lupino en la dieta con diferencias significativas a nivel experimental ( $p < 0,05$ ), donde el máximo se da en 0% y el mínimo en 100%. La digestibilidad de la materia seca tiene una tendencia lineal ( $p < 0,05$ ) donde el máximo se da en 100% de lupino y el mínimo en 0%, contrariamente con lo que pasa en el consumo. Para el resto de las características evaluadas (área ojo de bife y altura del anca) no se arrojaron diferencias significativas. A partir de este experimento se puede concluir que la sustitución del grano de lupino por DDGS, si bien no presenta las mayores ganancias de peso vivo diaria, la eficiencia de conversión es mejor explicada por el menor consumo de MS.

Palabras clave: Alimentación diferencial del ternero (ADT); Ternero; Consumo; Ganancia media diaria; Eficiencia de conversión; Lupino.

## 7. SUMMARY

This work aims to analyze the effect of including different levels of lupine grain in rearing calves in pens. The levels of lupine inclusion in the diet analyzed were as follows: 0%, 33%, 66% and 100%, in which DDGS were replaced by lupine. Such diet is constituted by a 24/76 voluminous/concentrated ratio, in which the voluminous portion consists of whole-plant sorghum and the concentrated portion consists of 30% lupine/DDGS, 30% wet grain sorghum and 16% supplement of vitamins and minerals. The effect of such inclusion was evaluated in relation to consumption, digestibility, weight gain, conversion efficiency, rib eye area, rump height and back fat thickness. This work was carried out in the Intensive animal farming Unit (UPIC [standing for its name in Spanish]) of the Experimental Station Dr. Mario A. Cassinoni [EEMAC, standing for its name in Spanish], located in Paysandú Department, Route 3, kilometer 363. Such work lasted 85 days, prior to which an adjustment period was carried out (06/7/2019 to 06/18/2019). The experimental work followed, starting on 06/19/2019 by enclosing the animals and finished on 09/11/19. For this work, 48 Hereford calves born during spring season 2018 were used, belonging to the EEMAC breeding herd. The animals were organized in three groups with four different treatments each. A different kind of weaning was used for each group (early pen weaning, early yard weaning and conventional weaning). Each four treatments differed in the diet, in which DDGS were replaced by lupine in the following proportions: T0= 0%; T1= 33%; T2= 66%; T3= 100%. A quadratic response was obtained regarding live weight gain ( $p < 0.05$ ), its maximum was reached in the treatment that added lupine in 66% (1.57 kilogram per day) and its minimum in the treatment that added 0% of lupine. The same result was obtained in relation to animal fattening, despite the fact that dry matter had a negative linear tendency ( $p < 0.05$ ) with lupine addition in the diet. In relation to conversion efficiency, there was a negative linear response when increasing lupine in the diet, with significant differences at experimental level ( $p < 0.05$ ); the maximum was obtained in 0% and the minimum in 100%. Dry matter digestibility had a linear tendency ( $p < 0.05$ ) in which the maximum was obtained in 100% of lupine and the minimum in 0% of lupine. The opposite occurred in relation to consumption. No significant differences were observed in relation to the remaining categories analyzed (rib eye area and rump height). From this experiment we may conclude that lupine grain substitution for DDGS does not cause significant live weight gain per day, although conversion efficiency is better, due to less dry matter consumption.

Key words: Differential calf feeding (ADT); Calf; Intake; Average daily gain; Feed efficiency; Lupin.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, Y.; La Manna, A. 2015. Durante una sequía o luego de ésta puede faltar fibra en la dieta: cuidemos que esta sea realmente físicamente efectiva. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado nov. 2020. Disponible en [http://www.inia.uy/Documentos/Privados/UCTT/Sequ%C3%ADa/Slecci%C3%B3n%20RG%202015/Lecher%C3%ADa/Fibra%20efectiva%20web%20INIA\\_2015.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/Privados/UCTT/Sequ%C3%ADa/Slecci%C3%B3n%20RG%202015/Lecher%C3%ADa/Fibra%20efectiva%20web%20INIA_2015.pdf)
2. AFRC (Agricultural Food and Research Council, UK). 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants: an Advisory Manual. Wallingford, CAB. 91 p.
3. Aguilera, J. F.; Bustos, M.; Molina, E. 1992. The degradability of legume seed meals in the rumen: effect of heat treatment. *Animal Feed Science and Technology*. 36:101-112.
4. Anrique, R.; Barchiesi-Ferrari, C. 2011. Ruminal degradability of dry matter and crude protein from moist dehulled lupin and extruded rapeseed meal. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 71(3):430-436.
5. \_\_\_\_\_. 2014. Composición de alimentos para el ganado bovino. 4ª. ed. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. pp. 57-63.
6. AOAC (Association of Official Agricultural Chemists, US). 2012. Official methods of analysis. 19<sup>th</sup>. ed. Gaithersburg. 700 p.
7. Araújo, O.; Vergara, J. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. (en línea). *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 15(S1):133-140. Consultado 20 may. 2020. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?la07044>
8. Aufrère, J.; Graviou, D.; Melcion, J. P.; Demarquilly, C. 2001. Degradation in the rumen of lupin (*Lupinus albus L.*) and pea (*Pisum satibum L.*) seed proteins. Effect of heat treatment. *Animal Feed Science and Technology*. 92:216-236.

9. Ayçaguer, S.; Iriñiz, J.; Martínez, V. 2011. Evaluación de fuentes alternativas de fibra en dietas altamente concentradas para novillos y terneros alimentados a corral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 66 p.
10. Bach, A.; Calsamiglia, S.; Stern, M. D. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*. 88:E9-E21.
11. Baldwin, R. L.; Sharp, M.; Smith, N. E.; Taylor, J. 1980. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. *Journal of Animal Science*. 51:1416-1420.
12. Benchaar, C.; Hassanat, F.; Gervais, R.; Chouinard, Y.; Julien, C.; Petit, H. V.; Massé, D. I. 2013. Effects of increasing amounts of corn dried distillers' grains with solubles in dairy cow diets on methane production, ruminal fermentation, digestion, N balance, and milk production. *Journal of Dairy Science*. 96(4):2413-2427.
13. Beretta, V.; Simeone, A.; Elizalde, J. C.; Gamba, D.; Terzián, A. 2012. Effect of protein source on feedlot performance of early weaned beef calves. *In: Meeting of the European Federation of Animal Science (63<sup>rd</sup>, 2012, Bratislava)*. Book of abstracts. Bratislava, The Netherlands, Wageningen Academic Publishers. p. 118.
14. Blanco, M. del R. 1999. Bacterias ruminales. (en línea). s.n.t. pp. 1-5. Consultado may. 2020. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/69-bacterias\\_ruminales.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/69-bacterias_ruminales.pdf)
15. Brito, G.; Jiménez de Aréchaga, C. 2019. El crecimiento de los diferentes tejidos en el animal y su efecto en la composición de la canal. *In: Jornada de Jóvenes (2004, Montevideo)*. Actualización técnica en el sector carnes dirigida a jóvenes agropecuarios entre 15 y 29 años. Montevideo, INIA. pp. 1-2.
16. Bruggink, J. H. B. 1993. Utilización de concentrados de proteína de soja en dietas de animales jóvenes. *In: Curso de Especialización FEDNA (90<sup>o</sup>, 1993, Barcelona)*. Avances en nutrición y alimentación animal. Barcelona, España, s.e. pp. 175-196.

17. Bruni, M.; Trujillo, A. I.; Fachín, L.; Saragó, L.; Chilbroste, P. 2014. Evaluación nutricional para rumiantes de la burlanda de sorgo húmeda obtenida de la producción de etanol de ALUR Paysandú. Cangüé. no. 35:28-38.
18. Ceconi, I.; Elizalde, J. 2008. Encierre estratégico de terneros. Análisis de casos reales en sistemas de producción de carne. General Villegas. Publicación Técnica no. 41. 64 p.
19. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Riffel, S. 2015. Respuesta productiva de diferentes categorías de bovinos durante la recría y terminación a corral en Argentina. (en línea). In: Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal (38º., 2015, Argentina). Memoria técnica 2014-2015. La Pampa, Sitio Argentino de Producción Animal. pp. 133-134. Consultado 16 may. 2020. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_mt2015\\_ceconi\\_respuesta\\_productiva.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_mt2015_ceconi_respuesta_productiva.pdf)
20. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Davies, P.; Méndez, D. 2018. Recría de terneros a corral: ganancia de peso, peso de ingreso y manejo de la alimentación. (en línea). Revista de Tecnología Agropecuaria. 10(38):34-39. Consultado 15 may. 2020. Disponible en <https://inta.gob.ar/sites/default/files/ceconi-1.jpg>
21. Church, C. D.; Pond, W. G.; Maluenda, D. 1993. El rumiante: fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Acribia. 569 p.
22. Cortazo N.; Anzolabehere M. 2017. Utilización de granos secos de destilería obtenidos a partir de sorgo (DDGS) en raciones concentradas ofrecidas a terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 73 p.
23. Cubillos, A. 1977. Empleo de semilla de lupino en alimentación aviar. In: Reunión de Trabajo (1ª., 1977, Santiago de Chile). Situación, análisis y perspectivas del lupino en Chile. Santiago de Chile, Fundación Chile. pp. 57-61.
24. Di Marco, O. N. 2004. Fisiología del crecimiento de vacunos. (en línea). In: Curso de Posgrado Actualización en Invernada (2004, General Pico). Exterior, crecimiento y desarrollo (carne y leche). General Pico, Universidad Nacional de la Pampa. Facultad de Ciencias

Veterinarias. pp. 1-8. Consultado 20 may. 2020. Disponible en [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/externo/16-fisiologia\\_del\\_crecimiento.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/16-fisiologia_del_crecimiento.pdf)

25. Dinius, D. A.; Baumgardt, B. R. 1970. Regulation of food intake in ruminants. 6. Influence of caloric density of pelleted rations. *Journal of Dairy Science*. 53(3):311-316.
26. Dixon, R. M.; Hosking, B. 1992. Valor nutricional de las legumbres de grano para rumiantes. *Nutrition Research Reviews*. 5:19-43.
27. Erickson G. E.; Klopfenstein, T. J.; Adams, D. C.; Rasby, R. J. 2007. Utilization of corn coproducts in the beef industry: feeding of corn milling co-products to beef cattle. 2<sup>nd</sup>. ed. Lincoln, University of Nebraska. 507 p.
28. Faverdin, P. 1999. The effect of nutrients on feed intake in ruminants. *Proceedings of Nutrition Society*. 58:523-531.
29. Fernández Mayer, A. 1998. Fisiología de la producción de carne. *Revista Material Didáctico*. no. 3:6-34.
30. \_\_\_\_\_; Enrique, A. 2001. Efecto de la sincronización energía-proteína sobre la performance animal: suplementos y suplementación energética y proteica. (en línea). Buenos Aires, EEA INTA Bordenave. cap. I, pp. 7-13. Consultado may. 2020. Disponible en [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/33-sincronizacion\\_energia\\_proteina.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/33-sincronizacion_energia_proteina.pdf)
31. Forbes, J. M. 1995. Prediction of voluntary intake. In: Forbes, J. M. ed. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford, UK, CABI. pp. 384-415.
32. Giraudó, P. G. 2006. El ingreso y acostumbamiento en los feedlots. *Producir XXI*. 14(176):35-38.
33. González, J.; Andres, S. 2003. Rumen degradability of some legume seeds. *Animal Research*. 52:17-25.

34. Guedes, C. M.; Dias da Silva, A. 1996. Cinétique de la dégradation dans le rumen de la matière sèche et de l'azote de graines de légumineuses méditerranéennes. *Annales de Zootechnie*. 45:423-435.
35. Gutiérrez-Ornelas, E.; Klopfenstein, T. J. 1991. Changes in availability and nutritive value of different corn residue parts as affected by early and late grazing seasons. *Journal of Animal Science*. 69:1741-1750.
36. Halfman, B. 2016. Muddy conditions influence on beef cattle performance. (en línea). Madison, University of Wisconsin. s.p. Consultado 08 may. 2020. Disponible en <https://fyi.extension.wisc.edu/wbic/2016/04/01/muddy-conditions-influence-on-beef-cattle-performance/>
37. Harris, L. E. 1970. Nutrition research techniques for domestic and wild animals. Logan, Utah State University. v.1, s.p.
38. Hess, B. W.; Moss, G. E.; Rule, D. C. 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *Journal of Animal Science*. 86:E188-E204.
39. Hoover, W. H.; Stokes, S. R. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *Journal of Dairy Science*. 74:3630-3644.
40. Huntington, G. B.; Archibeque, S. L. 2000. Practical aspects of urea and ammoniametabolism in ruminants. *Journal of Animal Science*. 77:1-11.
41. Klopfenstein, T. J.; Erickson, G. E.; Bremer, V. R. 2008. Board-invited review: use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Science*. 86:1223-1231.
42. Kolb, E. 1976. *Fisiología veterinaria*. Zaragoza, Acribia. 569 p.
43. Kononoff, P. J.; Heinrichs, A. J.; Buckmaster, D. R. 2003. Modification of the penn state forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *Journal of Dairy Science*. 86:1858-1863.

44. Lachmann, M.; Araújo, O. 2000. La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. (en línea). Maracaibo, Universidad de Zulia. s.p. Consultado 19 may. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/230823665\\_La\\_estimacion\\_de\\_la\\_digestibilidad\\_en\\_ensayos\\_con\\_rumiantes](https://www.researchgate.net/publication/230823665_La_estimacion_de_la_digestibilidad_en_ensayos_con_rumiantes)
45. Larrain, J. L. 1977. Situación actual y perspectivas de desarrollo del cultivo y aprovechamiento del lupino en Chile. Una evaluación preliminar. In: Reunión de Trabajo (1ª., 1977, Santiago de Chile). Situación, análisis y perspectivas del lupino en Chile. Santiago de Chile, Fundación Chile. pp. 7-15.
46. Lodge, S. L.; Stock, R. A.; Klopfenstein, T. J.; Shain, D. H.; Herold, D. W. 1997. Evaluation of corn and sorghum distillers byproducts. Journal Animal of Science. 75:37-43.
47. Lu, C. D.; Kawas, J. R.; Mahgoub, O. G. 2005. Fibre digestion and utilization in goats. Small Ruminant Research. 60:45-52.
48. McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D.; Morgan, C. A. 1999. Nutrición animal. 5ª. ed. Zaragoza, Acribia. 576 p.
49. Machacek, K. J.; Kononoff, P. J. 2009. The relationship between acid detergent insoluble nitrogen and nitrogen digestibility in lactating dairy cattle. The Professional Animal Scientist. 25:701-708.
50. Mac Loughlin, M. V. R. J. 2005. Suplementación en bovinos: variación en los consumos individuales. (en línea). Buenos Aires, s.e. 13 p. Consultado may. 2020. Disponible en <https://www.portalveterinaria.com/articoli/articulos/2804/suplementacion-en-bovinos-variacion-en-los-consumos-individuales.html>
51. \_\_\_\_\_. 2007. Proteína metabolizable y la nutrición de bovino para carne. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. 4 p. Consultado may. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/112-proteina\\_metabolizable.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/112-proteina_metabolizable.pdf)
52. \_\_\_\_\_. 2014. Peso final, producción y duración de engordes intensivos de bovinos. (en línea). s.l., Investigación y Desarrollo Agropecuario. s.p. Consultado oct. 2020. Disponible en

<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/peso-final-produccion-duracion-t31184.htm>

53. Mader, T. 2011. Mud effects on feedlot cattle. Nebraska Beef Cattle Report. 613:82-83.
54. Margan, D. E. 1994. Energy and protein value of lupin seed as a production ration or as a supplement for sheep fed chaffed wheaten hay. Australian Journal of Experimental Agriculture. 34:331-337.
55. May, M. L.; DeClerck, J. C.; Quinn, M. J.; DiLorenzo, N.; Leibovich, J.; Smith, D. R.; Hales, K. E.; Galyean, L. 2010. Corn or sorghum wet distillers grains with solubles in combination with steam-flaked corn: feedlot cattle performance, carcass characteristics, and apparent total tract digestibility. Journal of Animal Science. 88:2433-2443.
56. Mera, M.; Espinoza, N.; Galdames, R.; Aguilera, A.; García, J.; Montenegro, A.; Alcalde, J. 2016. Lupino dulce y amargo producción en Chile. Temuco, Chile, INIA. 121 p.
57. Mertens, D. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. Journal of Animal Science. 64:1548-1558.
58. Nava, C.; Díaz, A. 2001. Introducción a la digestión ruminal. (en línea). Coyoacan, UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 13 p. Consultado may. 2020. Disponible en [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/79-introduccion\\_a\\_la\\_digestion\\_ruminal.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/79-introduccion_a_la_digestion_ruminal.pdf)
59. NRC (National Research Council, US). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7<sup>th</sup>. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 408 p.
60. \_\_\_\_\_. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7<sup>th</sup>. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 248 p.
61. \_\_\_\_\_. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7<sup>th</sup>. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 405 p.

62. Orskov, E. R.; McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*. 92:499-503.
63. \_\_\_\_\_. 1988. *Nutrición proteica de los rumiantes*. Zaragoza, Acribia. 178 p.
64. Pancini, S. 2018. *Evaluación productiva y nutricional de granos de destilería secos de sorgo como ingrediente de raciones para terneros alimentados en confinamiento*. Tesis Magister. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 54 p.
65. Petterson, D. S.; Fairbrother, A. H. 1996. Lupins as a raw material for human foods and animal feeds. *Indonesian Food and Nutrition Progress*. 3(2):35-41.
66. Plascencia, A.; Mendoza, M. G. D.; Vásquez, P. C.; Zinn, R. A. 2003. Relationship between body weight and level of fat supplementation on fatty acid digestion in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 81:2653-2659.
67. Poppi, D. P.; Hendrickson, R. E.; Minson, D. J. 1985. The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle. *Journal of Agricultural Science*. 105:9-14.
68. Pordomingo, A. J. 2002. El feedlot en Argentina. *In: La Fibra (1º., 2002, Buenos Aires)*. Memorias. s.n.t. pp. 8-29
69. \_\_\_\_\_. 2005. *Feedlot: alimentación, diseño y manejo*. Anguil, La Pampa, INTA. 224 p. (Serie Técnica no. 62).
70. \_\_\_\_\_. 2008. *Recría a corral y terminación en pastoreo. Un aspecto clave: cómo salir de los corrales*. (en línea). *Producir XXI*. 16(200):38-43. Consultado 17 may. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_a\\_corral\\_o\\_feedlot/60-salida\\_corrales.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/60-salida_corrales.pdf).
71. Reilling, A. E.; Mattioli, G. A. 2002. *Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes*. La Plata, UNLP. Facultad de Ciencias Veterinarias. Cátedra de Fisiología. 72 p.



72. Rémond, D.; Le Guen, M. P.; Poncet, C. 2003. Degradation in the rumen and nutritional value of lupin (*Lupinus albus*) seed proteins effect of extrusión. *Animal feed Science and Technology*. 105:55-70.
73. Robinson, P. H.; McNiven, M. A. 1993. Nutritive value of raw and roasted sweet white lupins (*Lupinus albus*) for lacting dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 43:275-290.
74. Rojas, C.; Catrileo, A. 1998. Grano de lupino blanco (*Lupinus albus*) y australiano (*Lupinus angustifolius*) entero o chancado, en la engorda invernal de novillos. *Agro Sur*. 26(2):70-77.
75. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Hormazábal W. 2011. Evaluación productiva y económica de urea, grano de lupino, expeller de maní y afrecho de soya en raciones de engorda de vaquillas. *Agro Sur*. 39(1):57-65.
76. Rovira, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 321 p.
77. Russell, J. B.; O'Connor, J. D.; Fox, D. G.; Van Soest, P. J.; Sniffen, C. J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *Journal of Animal Science*. 70:3551-3561.
78. Sánchez Chopa, F. s.f. Crecimiento y desarrollo. In: Curso Zootecnia (s.f., Buenos Aires). Trabajos presentados. Buenos Aires, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. s.p.
79. Sedláková, K.; Straková, E.; Suchý, P.; Krejcarová, J.; Herzig, I. 2016. Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition. A review. *Acta Veterinaria Brno*. 85:165-175.
80. Simeone, A.; Beretta, V. 2008. Encierre de terneros o sistema ADT. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10ª., 2008, Paysandú). Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 38-41.

81. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2011. Alimentación a corral en sistemas ganaderos “¿cuándo y cómo?” In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (13<sup>a</sup>., 2011, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 14-25.
82. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Bergos, I.; Errandonea, J.; García Pintos, J.; Burjel, V.; Casanova, D.; Zabalveytia, N. 2019. Uso de DDGS y lupino en la recría de terneros pastoreando verdes de invierno ¿mejores o peores suplementos que el grano de sorgo? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (21<sup>a</sup>., 2019, Paysandú). Un medio campo para ganar el partido de la rentabilidad. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 44–53.
83. Trujillo, A. I.; Marichal, M. J. 2014. Caracterización química de los alimentos. Montevideo, Facultad de Agronomía. 19 p.
84. USGC (United States Grains Council, US). 2012. A guide to distiller's dried grains with solubles. 3<sup>rd</sup>. ed. Washington, D. C. 406 p.
85. Valentine, S. C.; Bartsch, B. D. 1986. Digestibilidad de materia seca, nitrógeno y energía por vacas lecheras alimentadas con granos de altramuces enteros o molidos a martillo en heno o a base de pastos. *Alimentación Animal Ciencia y Tecnología*. 16:143-149.
86. Van Barneveld, R. J. 1999. Comprender la química nutricional de las semillas de lupino (*Lupinus spp.*) Para mejorar la eficiencia de la producción ganadera. *Nutrition Research Reviews*. 12:203-230.
87. Van Keulen, J.; Young, B. A. 1997. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44(2):282-287.
88. Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10):3583-3597.
89. Van Straalen, W. M.; Tamminga, S. 1995. Modeling of nitrogen flow and excretion in dairy cows: protein degradation in ruminants diets. (en

línea). London, Butterworths. pp. 7-28. Consultado may. 2020.  
Disponible en <https://edepot.wur.nl/210297#page=15>

90. Vasconcelos, J. T.; Shaw, L. M.; Lemon, K. A.; Cole, N. A.; Galyean, M. L. 2007. Effects of graded levels of sorghum wet distiller's grains and degraded intake protein supply on performance and carcass characteristics of feedlot cattle fed steam-flaked corn-based diets. *The Professional Animal Scientist*. 23:467-475.
91. \_\_\_\_\_; Galyean, M. L. 2008. Technical note: do dietary net energy values calculated from performance data offer increased sensitivity for detecting treatment differences? *Journal Animal Science*. 86:2756-2760.
92. von Baer, E. 1990. *Lupino: guía de producción y utilización*. Tembuco, Chile, Asociación Chilena de Lupino. 19 p.
93. White, C. L.; Hanbury, C. D.; Young, P.; Phillips, N.; Wiese, S. C.; Milton, J.; Davidson, R. H.; Siddique, K. H. M.; Harris, D. 2002. The nutritional value of *Lathyrus cicera* and *Lupinus angustifolius* grain for sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 99:45-64.