

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE NIVELES CRECIENTE DE INCLUSIÓN DE GRANO DE LUPINO (*Lupinus angustifolius*) EN DIETAS DE TERMINACIÓN SOBRE LA PERFORMANCE A CORRAL Y A LA FAENA DE NOVILLOS HEREFORD.

POR

Agustín Marcial ARZA CORREA

Leandro COSTA CARBONE

Hernán GONZÁLEZ RIVERA

Facundo MOREIRA MAGALLANES

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2022

Trabajo final de grado aprobado por:

Directores: -----

Ing. Agr. Álvaro Simeone

Ing. Agr. Virginia Beretta

Tribunal: -----

Dr. Juan Franco

Ing. Agr. María Victoria Burjel

Ing. Agr. Virginia Beretta

Fecha: 23 de diciembre de 2022

Estudiantes: -----

Agustín Marcial Arza Correa

Leandro Costa Carbone

Hernán González Rivera

Facundo Moreira Magallanes

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos por el apoyo continuo, cariño y motivación a lo largo de la carrera.

A los tutores de tesis Virginia Beretta y Álvaro Simeone por su colaboración y disposición en la elaboración del trabajo.

A Diego Mosqueira, Victoria Burjel, Natalia Zabalveytia, Juan Franco y Rafael Delpiazso por su apoyo en las tareas de campo, laboratorio y frigorífico.

A los funcionarios de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni por su gran ayuda durante toda la fase experimental.

A nuestros compañeros Valentín Alayon, Sofía Quintela y Cecilia Uriarte por su colaboración durante el trabajo de campo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 INTRODUCCIÓN	3
2.2 FUENTES ENERGÉTICAS EN DIETAS DE TERMINACIÓN DE VACUNOS.....	4
2.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DEL LUPINO.....	8
2.3.1 <u>El grano de lupino, tipos y estructura del grano</u>	8
2.3.2 <u>Composición química</u>	9
2.3.3 <u>Caracterización nutricional</u>	10
2.3.3.1 <u>Digestión ruminal</u>	11
2.3.4 <u>Efecto del procesamiento del grano</u>	14
2.4 USO DE GRANO DE LUPINO EN GANADO DE CARNE	15
2.4.1 <u>Consumo de materia seca (CMS)</u>	16
2.4.2 <u>Efecto del uso del grano de lupino en la fase de recría de vacunos</u>	17
2.4.2.1 <u>Utilización de la suplementación con lupino en terneros de recría bajo pastoreo</u>	18
2.4.2.2 <u>Inclusión del grano de lupino en la dieta de terneros alimentados a corral</u>	19
2.4.3 <u>Efecto del uso del grano de lupino en la fase de terminación de vacunos</u>	20
2.4.3.1 <u>Performance a corral</u>	20
2.4.4 <u>Calidad de canal</u>	21
2.4.5 <u>Calidad de carne</u>	22

2.5 HIPÓTESIS	23
3. MATERIALES Y METODOS.....	25
3.1 UBICACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL.....	25
3.2 CLIMA	25
3.3 INFRAESTRUCTURA.....	26
3.4 ALIMENTOS	26
3.5 ANIMALES Y TRATAMIENTOS.....	27
3.6 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	28
3.6.1 <u>Período de acostumbramiento (19/08/2021 al 19/09/2021)</u>	28
3.6.2 <u>Periodo experimental</u>	28
3.6.3 <u>Faena</u>	28
3.7. MANEJO SANITARIO.....	29
3.8. REGISTROS Y MEDICIONES	29
3.8.1 <u>Altura al anca</u>	29
3.8.2 <u>Peso vivo</u>	29
3.8.3 <u>Consumo y eficiencia de conversión</u>	29
3.8.4 <u>Patrón de consumo y comportamiento ingestivo</u>	30
3.8.5 <u>Digestibilidad aparente <i>in vivo</i></u>	30
3.8.6 <u>Caracterización del aporte de fibra efectiva en la dieta</u>	31
3.8.7 <u>Pre faena y post faena</u>	31
3.9 MUESTREO Y ANÁLISIS QUÍMICO.....	33
3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	34
4. <u>RESULTADOS</u>	37
4.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	37
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA.....	37
4.2.1 <u>Aporte de fibra físicamente efectiva</u>	38
4.3 PERFORMANCE ANIMAL.....	39
4.3.1 <u>Peso vivo y ganancia diaria</u>	39
4.3.2 <u>Consumo, digestibilidad de la MS y eficiencia de conversión</u>	40

4.4.COMPORTAMIENTO INGESTIVO.....	42
4.5 PATRÓN DE CONSUMO.....	43
4.6. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE.....	45
5. <u>DISCUSION</u>	47
5.1 CONDICIONES AMBIENTALES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS DIETAS	47
5.2 CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD APARENTE <i>IN VIVO</i>	50
5.3. GANANCIA DIARIA Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....	53
5.4. COMPORTAMIENTO INGESTIVO Y PATRÓN DE CONSUMO. .	56
5.5 CALIDAD DE CANAL Y CARNE.....	57
5.6 DISCUSIÓN GENERAL E IMPLICANCIAS PRÁCTICAS.	59
6. <u>CONCLUSIONES</u>	62
7. <u>RESUMEN</u>	63
8. <u>SUMMARY</u>	64
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	65
10. <u>ANEXOS</u>	76

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadros No.	Página
1. Medidas mensuales históricas de temperatura, precipitaciones y humedad relativa de los meses del período experimental.....	25
2. Composición de las raciones experimentales difiriendo en la concentración de grano de lupino en sustitución del grano de sorgo (expresado como porcentaje de la materia seca).....	26
3. Composición química de las raciones experimentales difiriendo en la concentración de grano de lupino en sustitución del grano de sorgo.....	27
4. Temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales, precipitaciones y humedad relativa promedio durante el período experimental.....	37
5. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre la distribución de tamaño de partículas, factor de efectividad de la fibra y aporte de fibra efectiva en las RTMs.....	38
6. Efectos del nivel de sustitución de lupino sobre el peso vivo de inicio, ganancia media diaria, peso final y la altura final de los animales.....	40
7. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre el consumo diario de materia seca (CMS), eficiencia de conversión (EC) y digestibilidad aparente de la materia seca (DMS) y de la materia orgánica (DMO).....	41
8. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre las características de la canal y de la carne en novillos alimentados en confinamiento.....	46
9. Composición química de las raciones experimentales difiriendo en la concentración de grano de lupino en sustitución del grano de sorgo y diferencias porcentuales entre tratamiento 0% y 45%.....	49
10. Implicancias económicas de la sustitución de sorgo por lupino.....	60

Figuras. No

1. Evolución del peso vivo (kg) para los distintos niveles de inclusión de lupino.....39
2. Evolución en el consumo de materia seca (%PV) según los distintos niveles de inclusión de grano de lupino.....42
3. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre el comportamiento animal durante las horas de luz.....43
4. Efecto de la inclusión de grano de lupino sobre el CMS (expresado como % del consumo diario total) medido en turno con intervalo de cada 2 horas.....44

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la ganadería ha sido la actividad productiva dominante a nivel país. Desde hace aproximadamente 15 años esta actividad se ha visto marginada a tierras de menor productividad a causa de la expansión agrícola y pérdida de competitividad por recursos naturales frente a este rubro, dada la suba internacional de los precios de los granos, lo que implicó un desafío para la ganadería nacional.

La ganadería se vio obligada a desplazarse hacia zonas más marginales. En los predios ganaderos se utilizan actualmente cada vez más reservas forrajeras, suplementación con granos y otros concentrados, sustituyendo parcialmente los verdeos y pasturas sembradas. Esto demuestra que la intensificación en el rubro promueve a los productores a realizar cambios tecnológicos e inversiones que hagan a la ganadería más competitiva.

Los corrales de engorde o feedlots en Uruguay, se establecieron durante este período, con el objetivo de liberar potreros, incrementar la carga animal de los sistemas, pero sobre todas las cosas asegurar la terminación de los animales a edad más temprana y cumplir con las exigencias de calidad del mercado internacional. Para que esto ocurra, se deben suministrar dietas altamente concentradas, que permitan lograr altas ganancias de peso vivo y con una buena eficiencia de conversión en el proceso. Esto permite mantener los niveles de producción de carne, logrando mejorar la eficiencia productiva del stock vacuno, debido a una mayor tasa de extracción. A su vez, datos presentados entre enero y noviembre de 2022 indican que la faena de animales fue mayor en 26% a la presentada para el mismo periodo del año 2020, impulsada principalmente por el ingreso a faena de animales de corral (Lyonnet, 2022).

El grano de lupino se caracteriza por su alto valor nutritivo y por ser un alimento completo desde el punto de vista tanto energético como proteico. A diferencia de los granos de cereales, en los cuales la principal fuente de energía es el almidón, el lupino se caracteriza por presentar como principal fuente energética polisacáridos no almidonosos (NSP), los cuales presentan una menor tasa de fermentación en relación con el almidón. Estos NSP como la celulosa, hemicelulosa, pectinas y otros polisacáridos complejos presentes en el grano confieren mayor seguridad para su utilización en rumiantes por el menor riesgo de generar acidosis en comparación a los tradicionales granos de cereales.

El lupino aporta también considerables cantidades de proteína de alto valor nutricional y altamente degradable en rumen. Esto lo torna un alimento completo para ser utilizado en distintos sistemas de producción por las características de su perfil alimenticio.

Además de las características ya mencionadas esta leguminosa anual invernal encuentra un gran nicho dentro de las rotaciones agrícolas de nuestros sistemas, por su aporte de nitrógeno atmosférico al suelo, su adaptabilidad a suelos de baja disponibilidad de fósforo y la posibilidad de hacer manejos eficientes de malezas gramíneas por la incorporación de cultivos hojas ancha. Si bien este grano es ampliamente utilizado en Europa y Australia por ser considerado un alimento de alto valor nutricional, la experiencia de uso a nivel nacional es escasa.

Un trabajo reciente realizado por Cabrera et al. (2021) evaluando el grano de lupino como ingrediente de raciones totalmente mezcladas ofrecidas para terneros de recría alimentados a corral en sustitución del DDGS (T0 0% lupino, T1 33% lupino, T2 66% lupino y T3 100% lupino). Las ganancias medias diarias se ajustaron a un modelo cuadrático ($P < 0,05$) siendo máximo con 66% de lupino (1,57 kg/día). El consumo de materia seca tuvo una tendencia lineal negativa, sin embargo, la eficiencia de conversión si se ajustó a un modelo lineal negativo ($P < 0,05$) No obstante, la respuesta puede modificarse si el grano de lupino sustituye a grano de sorgo como principal fuente de energía en una ración de terminación. No obstante, esta respuesta podría verse modificada cuando el lupino sustituye a granos de cereales como fuente de energía, fundamentalmente de dietas de terminación. Disponer de coeficientes técnicos cuantificando esta respuesta contribuiría a la toma de decisiones respecto al uso del lupino como ingrediente de raciones.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de niveles creciente de sustitución de grano de sorgo por grano de lupino en raciones de engorde, sobre la performance a corral y a la faena de novillos Hereford alimentados a corral.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUCCIÓN

Los lupinos pertenecen a la familia Leguminosae, subfamilia Papilionoideae, tribu Genisteeae. Dentro de los varios tipos de lupinos existentes, los más conocidos son: el lupino blanco, *Lupinus albus L.* y el lupino de hoja angosta, *Lupinus angustifolius L.*, también llamado “australiano” o “lupino dulce australiano” (Mera, 2016).

El lupino es caracterizado como un alimento que presenta altos niveles de proteína y energía metabolizable, lo que lo hace altamente atractivo para integrar raciones concentradas para bovinos (Rojas y Catrileo, 2004). Al ser un alimento con un perfil nutricional energético-proteico, permite ser utilizado tanto a modo de suplemento de animales de recría en pastoreo, como también formando parte de la dieta de animales en confinamiento. Según indica Van Barneveld (1999), la suplementación en dietas de rumiantes con lupino ha demostrado efectos positivos en términos de crecimiento y eficiencia reproductiva, en comparación a la suplementación con granos de cereales.

Además de sus características como alimento para rumiantes, se destacan los beneficios del lupino dentro de rotaciones agrícolas-ganaderas como cultivo invernal incorporando nitrógeno al suelo, gran adaptación a suelos arenosos de bajos niveles de fósforo disponible y además la posibilidad de utilizar gramínicidas eficaces para el control de malezas (Mera, 2016).

La capacidad de las leguminosas de fijar y utilizar nitrógeno atmosférico a partir de la simbiosis con microorganismos conocidos como rizobios, permite una menor utilización de fertilizantes nitrogenados dentro del sistema, los cuales han presentado un aumento de los costos y requerimientos de energía en su fabricación. A su vez, las emisiones de N₂O, potente gas de efecto invernadero, son generalmente inferiores en cultivos de leguminosas a la de los cultivos fertilizados con N, 1,3 kg/ha frente a 3,2 kg/ha respectivamente (Watson et al., citados por Halmemies-Beauchet-Filleau et al., 2018)

En la siguiente revisión se presentarán los antecedentes con relación al impacto de la fuente energética en raciones de terminación sobre la digestión y metabolismo de vacunos alimentados a corral, la caracterización química y nutricional

del grano de lupino y el valor nutritivo del mismo como alimento para ganado de carne, y resultados de su utilización sobre la performance animal, eficiencia de uso del alimento, características de la canal y calidad de carne de novillos en confinamiento.

2.2 FUENTES ENERGÉTICAS EN DIETAS DE TERMINACIÓN DE VACUNOS.

Los cereales son la principal fuente de energía utilizada en la formulación de raciones de engorde en la alimentación a corral de vacunos. Dentro de ellos los más utilizados provienen de cultivos de verano y en menor medida los que refieren a cultivos de invierno. Por lo general, su proporción en las dietas es mayor al 65% y define la oferta de energía metabolizable y características físicas del alimento (Pordomingo et al., 2002).

Los granos de cereales contienen una gran proporción de almidón, esta macromolécula es la principal fuente de energía para la nutrición de rumiantes en confinamiento durante la fase de engorde. Sin embargo, como indica Krause y Oetzel (2006), los rumiantes están adaptados a digerir y metabolizar dietas a base de forraje. Por lo tanto, sistemas intensivos de engorde a corral basados en dietas con alta concentración de grano, supone riesgos de desorden metabólico a nivel del rumen lo cual compromete la performance animal (Smith, 1998). Para que esto no suceda, deben tenerse en cuenta varios aspectos y recaudos que complejizan la operativa diaria de los sistemas de engorde a corral.

Una vez llegado al rumen, el almidón es convertido por acción de la microbiota ruminal a través de un proceso de fermentación anaeróbica, en distintos ácidos grasos volátiles (AGV). Muchos de estos son intermediarios del metabolismo de otros microorganismos (m.o.) ruminales (Lactato, Succínico), siendo el producto final de una especie el sustrato de otra. Dentro de los AGV producto de la fermentación microbiana hay tres de ellos que no son completamente utilizados en los procesos metabólicos de los microorganismos y quedan disponible para el rumiante; ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico (Van Lier y Regueiro, 2008). Estos compuestos son absorbidos por las paredes del rumen para ser utilizados como sustratos energéticos por los rumiantes. El tipo de AGV producidos y sus proporciones dependen del alimento consumido y de la población microbiana presente en el retículo-rumen.

La acidosis ruminal puede ser definida como la adición y el acumulo excesivo de ácidos y/o la falta de bases en el fluido del rumen-retículo, este acumulo

de puede ser debido a una producción excesiva de AGV, una absorción insuficiente de los AGV a través de la pared ruminal, un aporte insuficiente de sustancias tampones al rumen, y/o a una tasa de pasaje ruminal excesivamente lenta (Salcedo et al., 2012). La bajada del pH se da no solamente por la gran producción de AGV producto de la facilidad de degradación del almidón, sino también y en conjunto debido a la escasa salivación y rumia que generan estos alimentos asociada a su baja proporción de fibra físicamente efectiva (Van Lier y Regueiro, 2008).

Estos trastornos digestivos son una de las limitantes que enfrentan los sistemas de producción intensivos en rumiantes. El decrecimiento del pH ruminal hasta valores cercanos a 5,0 disminuye la frecuencia de las contracciones del rumen hasta provocar la stasis ruminal (Huber, 1976). Si el rumen no funciona, la degradación y la absorción de nutrientes por el epitelio ruminal no actúa, y el consumo se detiene (González et al., 2012). La acidosis aguda y subaguda genera disminuciones en el consumo de materia seca (MS), disminuyendo la ganancia media diaria (GMD), y aumentando el tiempo de permanencia de los animales en los corrales, y por lo tanto también los costos de producción (Jaramillo-López et al., 2017).

Otra consecuencia de la acidosis es la diarrea y deshidratación por pérdida de fluido incrementando la osmolaridad ruminal. De este modo el fluido ruminal se vuelve hipertónico absorbiendo agua del sistema sanguíneo, ingresando sangre al rumen (Jaramillo-López et al., 2017). Además, la acidosis causa daño e inflamación en el epitelio ruminal, lo cual genera dolor y malestar en el animal (Odongo et al., 2006). Todo esto implica discomfort y malestar en el rumiante, alterando su bienestar.

La salud funcional del retículo-rumen es un requisito fundamental para el comportamiento productivo, abarca la salud del ganado y el bienestar animal (Van Vuuren et al., 2012). Por lo tanto, en este capítulo se detallarán resultados de fuentes de energía distinta a los ya conocidos granos de cereales (maíz, sorgo, trigo, cebada y avena), como alternativas a las problemáticas planteadas asociadas al uso de grandes cantidades de almidón.

No se puede desconocer que de hecho los corrales usan dieta concentradas con éxito, asegurando el aporte de FDN físicamente efectiva (FDN_{fe}, aún en dietas sin fibra larga) y a través del manejo de comedero (*ad libitum* y número de comidas), variando el tipo de grano (cereales de verano tienen menor tasa de fermentación) uso de aditivos moduladores de la fermentación ruminal (monensina), etc.

El aporte de FDNfe es aquella capaz de promover la masticación y rumia, fundamental para mantener la salud de los rumiantes. Mertens y Loften, 1980, sugiere que partículas mayores a 1,18 mm son las capaces de estimular la masticación y mantener la funcionalidad ruminal, recomendando una concentración mínima de 15% de FDNfe en la MS de la ración, con un rango de variación entre 12-18%. Variaciones dentro de este rango, para un sistema de engorde a corral, son posibles en función de otros factores como el tamaño de partícula, fuente de fibra, proporción de CHOS fácilmente fermentable en la dieta, concentración de grasa en la ración, horarios de alimentación y otras variables que permitan mantener el bienestar y productividad animal a largo plazo.

El uso de alimentos ricos en fibra de alta calidad y alto aporte de extracto etéreo (grasas/aceites) como fuente de energía es otro factor que podría contribuir a modificar la tasa de fermentación, pero también podría afectar los productos finales y, eventualmente, el sitio de digestión. En el caso del almidón, altos niveles de consumo determinan que parte del almidón se digiera en el intestino delgado (dando como producto final glucosa, proceso más eficiente que la fermentación) asociado este proceso a un mayor grado de marmoreo, en términos de calidad de carne (Mertens y Loften, 1980).

Tal es el caso del uso de grano de destilería como fuente de energía en dietas de terminación. Moreira Dias et al. (2019) ensayaron con novillos Nelore durante confinamiento en su etapa final y afirman que se puede utilizar glicerol crudo al 15 % del total de la dieta, para sustituir el grano de sorgo, sin afectar ($P > 0.05$) el consumo, la ganancia de peso, el peso de canal caliente ni el rendimiento de la canal en comparación con el control (dieta con sorgo). El consumo de glicerol crudo aumentó la concentración de propiónico respecto a acético, (Martínez et al., 2010) pudiendo ser una explicación de igual performance en el ganado.

Al-Suwaiegh et al. (2002) encontraron los mismos resultados en novillos Red Angus en terminación, obtuvieron mejor ganancia diaria y eficiencia de conversión ($P < 0,01$) cuando se incluyó granos de destilería húmedos (maíz y sorgo) en sustitución de maíz rolado. El valor de ENg en la dieta que incluía granos de destilería fue mayor que la dieta control. Sin embargo, Lodge et al. (1997) no encontró diferencias en el valor de ENg cuando comparó dietas a base de maíz rolado, granos de destilería húmedos de sorgo (SWDG), granos de destilería húmedos de sorgo más solubles (SWDGS) y granos de destilería secos con solubles (SDDGS). El valor de ENg de la dieta fue menor ($P < 0,05$) cuando se utilizó granos de destilería secos con solubles (SDDGS). Existe una correlación positiva entre los valores de ENg y eficiencia de conversión en novillos, concordado con (Al-Suwaiegh et al., 2002).

Según Anderson y Schoonmaker (2011), en su experimento con novillos en fase de engorde con dietas a base de cebada y canola, con niveles crecientes de DDGS (0%, 12%, 24%, 36%) encontraron una respuesta lineal positiva ($P \leq 0.01$) para GMD a medida que aumentó la participación de DDGS en el total de la dieta, sin embargo, la EC fue similar ($P > 0.10$) en las distintas inclusiones de este. Descubrieron para las cantidades de 24% de DDGS, los óptimos en rendimiento y performance. El DDGS sustituyó tanto a la cebada como a la canola, debido a su aporte energético no almidonoso, derivado de su fibra de alta calidad (40-45% FDN) y un valor proteico alto (28-30% PB) con una proporción interesante de proteína no degradable en rumen (55-60%) (NRC, 1996).

Tedeschi et al. (2009) agrega que la digestibilidad *in vitro* de la FDN de los DDGS es alta, oscilando entre 68 y 73%.

Tanto el DDGS como el SWDG tiene mayor valor alimenticio que el maíz, sin embargo, su digestibilidad es menor, lo cual podría explicarse por su elevado contenido de FDN (Klopfenstein et al., 2008).

Otra particularidad de los granos de destilería es su elevado porcentaje de grasa (10-15%). Klopfenstein et al. (2008) afirma que una gran porción (30.9%) está protegido de la hidrólisis/hidrogenación en el rumen y se los encuentra como ácidos grasos insaturados en el duodeno. Esto da respuesta a la digestión de los lípidos, la cual disminuye con la hidrogenación según Plascencia et al. (2003) y por lo tanto al aporte energético debido a su metabolismo en novillos en terminación. Los mismos autores informan que la digestión intestinal de ácidos grasos disminuye con el nivel de ingesta total de los mismos, por lo tanto, se puede encontrar una respuesta decreciente cuando los granos de destilería están en gran proporción en la dieta. Posiblemente ésto se relacione con el trabajo mencionado anteriormente de Anderson y Schoonmaker (2011), que sugiere como niveles óptimos 24% de inclusión de DDGS en el total de la dieta.

El grano de lupino presenta características muy similares al DDGS en cuanto a su aporte nutritivo en rumiantes, elevada concentración de energía de origen no almidonoso y alta concentración de proteína. Sin embargo, difiere en otras, como por ejemplo el menor contenido graso, 4.9- 6.9% para el lupino vs 10-15% en DDGS (Van Barneveld, 1999, Klopfenstein et al., 2008).

Vander Pol et al. (2007) afirma que dietas con granos de destilería tienen mayor proporción de ácidos grasos insaturados que no son degradados en rumen debido a su protección parcial a dichos microorganismos, lo cual les confiere a dichas dietas una mayor digestibilidad intestinal de la grasa, en comparación a dietas con altos contenidos de ácidos grasos saturados que son degradados principalmente en rumen. A su vez, una menor digestibilidad ruminal disminuye el riesgo a acidosis, al igual que dietas compuestas por grano de lupino, el cual presenta un contenido lipídico compuesto en mayor proporción por linoleico y oleico (Petterson, 2000).

Según Van Barneveld (1999) el aporte energético del grano de lupino se da a partir de polisacáridos no almidonosos (NSP) que son fácilmente fermentables en el rumen y contiene mayor participación de hemicelulosa en la fibra cruda comparada con otras leguminosas, generando un patrón de fermentación menos rápida y dando más seguridad en ganado en terminación ya que disminuye el potencial de acidosis. Éste último aspecto coincide con los granos de destilería.

Se han reportado diversos trabajos en ganado confinado en terminación tanto para grano de lupino australiano como blanco, ya sea sustituyendo la fuente de proteína (Ragni et al., 2018), evaluando el efecto de procesamiento del grano (Rojas et al., 2011), como también comparando diversas especies de lupino en el aporte energético proteico (Rojas et al., 2014). Sin embargo, no se han reportado trabajos de cómo influye el aumento en la inclusión del grano de lupino australiano, en sustitución de la fuente energética tradicional (grano de cereales) para dicha categoría, la cual tiene altos requerimientos energéticos que tal vez puedan ser cubiertos en cierta medida por los NSP de este grano.

2.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DEL LUPINO.

2.3.1 El grano de lupino, tipos y estructura del grano.

Como ya fue mencionado al inicio de este capítulo, el lupino pertenece a la familia de las Leguminosae. Dentro del género *Lupinus* hay cientos de especies, pero solo cuatro de ellas son cultivadas globalmente; Lupino blanco (*Lupinus albus*), Lupino de hoja angosta o australiano (*Lupinus angustifolius*), Lupino amarillo (*Lupinus luteus*) y Lupino andino (*Lupinus mutabilis* Sweet) del cual solo se encuentran siembras experimentales (Mera, 2016). En esta revisión se abordan los diferentes tipos de lupino utilizados en nutrición animal, con mayor énfasis en *Lupinus angustifolius* por ser la variedad de interés.

En su forma original, todas estas especies contienen alcaloides, principios tóxicos que otorgan amargor a las partes verdes y al grano, lo cual ha impedido su aprovechamiento en el mundo (Mera, 2016). A partir del mejoramiento genético, tras años de selección se lograron individuos con bajo contenido de alcaloides, inferior al 0.05% de la MS del grano, dando lugar a los llamados lupinos “dulces”. Éste avance ha permitido su exploración en el uso de la nutrición animal y humana.

La semilla de lupino al igual que otras leguminosas está formada por dos cotiledones, embrión y tegumento. Según indica Ortega-David (2010), en la caracterización de la semilla de *Lupinus mutabilis*, el 88,97% de la semilla entera en base seca corresponde a cotiledón y el restante 11,03% al tegumento. Un tegumento que representa la principal fracción fibrosa de la semilla, rica en celulosa y hemicelulosa.

2.3.2 Composición química

La información analizada es consistente en definir al grano de lupino como un alimento capaz de aportar niveles considerables tanto de energía como de proteína. Respecto al contenido proteico, Mera (2016) indica que el grano de lupino destaca su valor por sobre los granos de arveja, lenteja, garbanzo y poroto, acercándose a los valores de proteína de 39% del grano de soja, pudiendo incluso superarlo. Según el autor, el lupino blanco concentra mayor porcentaje de proteína que el lupino australiano. En el grano entero de lupino blanco la proteína fluctúa entre 35-40% (base seca), mientras que en el grano entero de lupino australiano fluctúa entre 29-32%. El grano de lupino amarillo destaca sobre ambos, ya que puede contener 40-47% de proteína (base seca). Ortega-David (2010) determinó para *L.mutabilis* valores de proteína de 44,86% en base seca.

Estos valores se relacionan con los citados por otros autores, y si hay algo en común entre ellos es que el contenido proteico del grano de lupino varía entre un 29% y 45%, con una normal variación no solo entre especies sino también dentro de una misma especie, incluso influenciado por el efecto ambiente pudiendo cambiar de una localidad a otra. Además, el efecto del procesamiento del grano, como la presencia o no de cáscara inciden en estos valores. Esta variación varietal y regional del contenido proteico del grano de lupino implica, según Rojas y Catrileo (2004), la necesidad de análisis químico previo a su utilización.

Cerca del 85% del total de proteína del grano de lupino consiste en un grupo de globulinas denominadas conglutinas, mientras que la proporción restante se corresponden a albúminas (Pettersen, 2000). Las globulinas son la principal fuente de proteína del lupino, al igual que en soja y otras leguminosas (Van Barneveld, 1999). En cuanto al perfil de aminoácidos, del mismo modo que otras legumbres el contenido de metionina, cisteína y lisina es bajo mientras que el de arginina es mayor para el caso del lupino.

Desde el punto de vista energético, este grano se caracteriza por muy bajos niveles de almidón. Su aporte energético proviene principalmente de los carbohidratos en forma de polisacáridos y oligosacáridos no almidonosos (NSP) almacenados en la pared celular de los cotiledones, además de la celulosa, hemicelulosa y pectinas que conforman la testa seminal (Pettersen, 2000).

En comparación con otras leguminosas en consideración, mientras el poroto de soja es el de mayor porcentaje de extracto etéreo (EE), las habas y las arvejas presentan mayor contenido de almidón. Por otro lado, el lupino, a diferencia de las otras tres legumbres mencionadas se caracteriza por ser la de mayor nivel de fibra detergente neutra (FDN), por presentar proporcionalmente mayor contenido de hemicelulosa en su fibra cruda que celulosa y además, ser la principal fuente de carbohidratos del lupino las pectinas en lugar del almidón (Van Barneveld, 1999, Halmemies-Beauchet-Filleau et al., 2018). Según indica Van Barneveld (1999), esos NSP corresponden a beta-(1-4)-galactanos como principal componente de las sustancias pécticas.

En cuanto al contenido lipídico, el mismo varía entre especies para rangos de 1% en *L. luteus* hasta 21% en *L. mutabilis*, siendo el contenido de aceite de *L. angustifolius* menor al 6%, compuesto en mayor proporción por oleico y linoleico (Pettersen, 2000).

2.3.3 Caracterización nutricional

Las leguminosas en general presentan compuestos llamados factores antinutricionales como taninos, saponinas, inhibidores de proteasas y alcaloides. Para el caso del lupino particularmente, la presencia de estos compuestos genera un sabor amargo, haciéndolo poco palatable e incluso tóxico para animales a niveles excesivos de inclusión en la dieta (El Maadoudi, citado por Ragni et al., 2018).

Con respecto a los taninos, los mismos se concentran en la cubierta seminal, pero por lo general la concentración de taninos condensados en lupino (0,01%) no es lo suficientemente alta como para impedir la utilización proteica por parte de los animales (Petterson, 2000).

Las saponinas por su sabor amargo pueden generar rechazo del alimento por parte de los animales y disminución del consumo si se encuentran en altas concentraciones. Además de aumentar la permeabilidad del intestino delgado a compuestos no deseados. Sin embargo, no hay evidencias que la concentración de saponinas detectadas en los granos de lupinos más comúnmente utilizados tengan efectos negativos en el consumo o en la absorción intestinal (Van Barneveld, 1999, Petterson, 2000). A su vez, los niveles de inhibidores de proteasa representan aproximadamente un décimo de los valores de actividad de otros granos de leguminosas como la soja, de modo que no constituye un problema mayor.

En el caso de los alcaloides, las concentraciones halladas en los cultivos comerciales de lupino como *L. angustifolius* (200 mg/kg) no parecen ser significativos como para ocasionar efectos antinutricionales en animales de producción, no así para el caso de especies salvajes de lupino donde los rangos oscilan entre 5.000 y 40.000 mg/kg (Petterson, 2000).

2.3.3.1 Digestión ruminal

Los carbohidratos en el grano de lupino son muy fermentables, pero a bajas tasas de fermentación, esto permite que su inclusión en dietas de rumiantes bajo condiciones intensivas de alimentación sea poco riesgoso frente a la generación de acidosis lácticas (Petterson, 2000). Gracias a estas características particulares, la utilización de altos niveles de lupino en lugar de grano de cereales durante el periodo de acostumbramientos en dietas de feedlot permite la adaptación a altos consumos de grano sin la necesidad de incurrir en un periodo de acostumbramiento lento y prolongado (Callow, citado por Van Barneveld, 1999).

Hynd et al., citados por Van Barneveld (1999), hipotetiza que la predominancia de beta (1-4)-galactanos en lupino en comparación al almidón presente en la mayoría de los cereales podría afectar la microbiota ruminal.

La degradabilidad de la proteína del lupino se encuentra con frecuencia por encima del 80% (Watson et al., citados por Halmemies-Beauchet-Filleau et al., 2018), valor considerablemente mayor a los del poroto de soja y expeller de colza.

En un trabajo presentado por Aguilera et al. (1992), en el cual se evaluó la desaparición del N en el rumen bajo distintos tratamientos de grano, se constató que el lupino presentó una desaparición lineal. El tamaño de partícula llevó a una desaparición del 92,4% del N en la harina media y fina y una desaparición de 71% en la harina gruesa a las 24 horas de encontrarse en el rumen. Dando como resultado un valor alimenticio comparable al de la urea.

Al comparar diferentes fuentes proteicas en la dieta encontramos que las fracciones proteicas de la soja y el haba son más degradables que las de la semilla de lupino, lo que provoca un aumento en el nivel de urea en sangre como consecuencia de la degradación de proteínas (Ragni et al., 2018).

En un experimento realizado por Ephrem et al. (2015) sobre corderos Washera alimentados con heno de campo natural como dieta base, ofrecido *ad libitum* (20% de rechazo) 150 g de harina de trigo y diferentes niveles de inclusión de grano de lupino en la dieta (t1: 0 g, t2: 195 g, t3: 245 g y t4: 295 g), resultaron que el agregado de lupino aumentó significativamente el consumo y la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína cruda y materia orgánica, en comparación al tratamiento control (t1). Sin embargo, la digestibilidad de la FDN y FDA no se vio afectada por dicha suplementación. Según estos autores, la mayor digestibilidad de los tratamientos con suplementación podría deberse a una mayor proporción de PC y una menor proporción de FDN en la dieta, que podría haber afectado la actividad microbiana en el rumen, en comparación al tratamiento control.

White et. al. (2002) en un ensayo en el cual se evaluaron diferentes niveles de inclusión en la dieta de *Lathyrus cicera* y *Lupino angustifolius* en carneros Merino, encontraron que la degradabilidad de la materia seca (MS) y proteína cruda (PC) no mostró diferencias significativas entre tratamientos. A diferencia de esto, sí se encontraron diferencias significativas en la síntesis de proteína microbiana (Pm), la cual fue significativamente mayor en las dietas con lupino vs las dietas con *L. cicera*. Además, se demostró que a mayor nivel de inclusión de grano (70% vs 35%) sea este lupino o *L. cicera*, los niveles de amonio en rumen y la concentración de acetato se vieron aumentados. Sin embargo, la concentración de propionato y el pH ruminal no se vio afectado, manteniéndose en todos los casos por encima de 6, lo cual no sería

esperable dada la alta concentración de globulina en el grano de lupino, proteína de estructura compacta, que presenta una baja capacidad de amortiguar el pH (Van Barneveld, 1999).

Al comparar la degradación de la PC del lupino con la de granos de destilería, vemos que estos granos se caracterizan por presentar un elevado contenido de proteína no degradable en rumen (PNDR), aún mayor que la harina de soja (Luebbe et al., 2012) a diferencia de la PC del grano de lupino la cual presenta una desaparición de 92,4% a las 24h en rumen ofrecida como harinas medias y finas (Aguilera et al., 1992).

Desde el punto de vista de la digestión ruminal, la alta proporción de NSP fermentables en lupino tiene una significativa importancia en cómo la energía de esta leguminosa es aprovechada por los rumiantes (Van Barneveld, 1999). La energía es obtenida a través de los AGV producto de la fermentación ruminal de los monosacáridos. Son esos altos niveles de NSP quienes contribuyen a los valores considerables de energía metabolizable que presenta este grano (Margan, 1994).

Vale aclarar que la dominancia de los llamados beta-galactanos y la alta proporción de hemicelulosa en el endosperma comparado con la celulosa de la cubierta seminal resultan en bajas tasas de fermentación menos propensas a la acidosis láctica (Van Barneveld, 1999), a diferencia de lo que ocurre con los granos de cereales, sin descuidar el aporte de energía metabolizable. Es por esto que su utilización en corrales de engorde permite complementar los granos de cereales en cierta proporción, disminuyendo el riesgo de acidosis, manteniendo los niveles de EM, además de ofrecer proteína adicional.

Van Barneveld (1999) asegura que en comparación con otras legumbres el lupino presenta diferencias en el contenido total de nutrientes, pero no necesariamente superioridad en digestibilidad o cualidades alimenticias. Según este autor, la importancia relativa del lupino en la dieta de rumiantes se basa principalmente en la habilidad para poder balancear los aportes de nutrientes con los requerimientos del animal; la combinación de cereales y lupino mejoraría la productividad animal a través de un balance óptimo en el total de nutrientes de la dieta (Hodge et al, citados por Van Barneveld, 1999). Como lo indican Edwards y Van Barneveld (1998), esto se debe a las características de este grano, altos niveles de proteína, energía, una tasa de fermentación moderada y bajo riesgo de acidosis.

2.3.4 Efecto del procesamiento del grano

Respecto a la degradabilidad de la MS del lupino, al igual que en otros granos, está directamente relacionada con el tipo de procesamiento al cual se somete al grano (Jahn et al., 1999, Van Barneveld, 1999).

Estudios realizados por Pettersson y Martinsson (1994) han concluido que la oferta de granos de cebada y trigo molidos aumentan su digestibilidad de materia orgánica y disponibilidad inmediata de energía y nitrógeno en la ración para la síntesis microbiana, lo que permitiría mayores incrementos de peso en comparación al uso de estos granos enteros.

Aunque en lupino blanco, lupino australiano y avena (avena sativa L.) diversos estudios señalan que la molienda del grano no se traduce en ventajas productivas en los animales que lo consumen (Rojas et al., 2011), otros estudios reportan un efecto significativo del procesamiento sobre la degradación ruminal de la MS y la proteína. Debido a que los bovinos adultos, tienen el orificio retículo-omasal más amplio, a través del cual pueden pasar fácilmente granos enteros, provocando una menor digestibilidad (Barnes y Orskov, citados por Jahn et al., 1999).

En un estudio realizado por Jhan et al. (1999), se presentan datos de la desaparición del grano de lupino frente a tres tratamientos: grano entero sin procesar, grano molido y grano con aplicación de NaOH al 2% peso/peso por un periodo de reacción de 10 días antes de la incubación. La molienda del grano de lupino frente al grano entero presentó mayor desaparición de materia seca 99% vs 31,7% respectivamente y de la PC 99% vs 13,5% respectivamente, debido a una más rápida colonización y degradación efectuada por los microorganismos ruminales sobre el grano molido. En cuanto a la aplicación de NaOH sobre el grano de lupino, los resultados alcanzados indican que no sería suficiente una aplicación de 2% de NaOH para aumentar la degradabilidad de la MS. Siendo necesaria una exposición a mayores concentraciones, debido a que el grano entero posee una cutícula dura con alto contenido de fibra, por lo que un 2% del producto no alcanza a romper el tegumento fibroso para permitir el adecuado ingreso de bacterias y enzimas ruminales (Cañas, citado por Jahn et al., 1999). Sin embargo, sí tuvo efecto sobre la degradabilidad de la PC, presentando valores de 13,5% para grano entero y 22,4% para grano tratado. Al analizar la desaparición de la fibra detergente ácida (FDA) se presentan datos de 99,2% en el grano molido, 62,2% en el tratamiento con NaOH y 54,8% sobre el grano entero.

El extrusado es un proceso comúnmente utilizado para la extracción de aceite, pero que además contribuye a disminuir la degradabilidad ruminal de fuentes proteicas (White et al., Zagorakis et al., citados por Brand y Jordaan, 2020). Este proceso causa la desnaturalización de las proteínas del alimento, disminuyendo su solubilidad y decreciendo la degradabilidad ruminal de la proteína, aumentando la fracción de la proteína no degradable en rumen (Solanas et al., Barchiesi-Ferrari y Anrique, citados por Brand y Jordaan, 2020).

En un trabajo realizado por Brand y Jordaan (2020), orientado a evaluar el efecto de la extrusión en la degradabilidad ruminal de la MS y PC de *L.albus* y *L. angustifolius*, estos autores aseguran una interacción entre el tipo de lupino y el método de procesamiento en la fracción rápidamente soluble de la MS, siendo *L. albus* sin extruir el que presentó mayor porcentaje de esta fracción a nivel ruminal respecto a los demás tratamientos que no presentaron diferencias significativas entre sí (*L. albus* extruido, *L. angustifolius* extruido y sin extruir). A su vez, la extrusión incrementó la fracción potencialmente degradable de la MS de los dos tipos de lupino de 42,4% a 58,5% pero no se observaron diferencias significativas entre el tipo de lupino y el método de procesamiento en la degradación de la MS a tiempo constante. A su vez, la extrusión disminuyó la fracción soluble de la PC un 60,3% en *L. albus* y 39,6% para *L. angustifolius* mientras que la fracción potencialmente degradable de la PC aumentó 32,3% y 103,5% respectivamente.

La extrusión modifica los parámetros de degradación ruminal de *L. albus* y *L. angustifolius* y disminuye la degradación ruminal efectiva de los dos tipos de lupinos, con un aumento de la fracción no degradable en rumen y reducción de la degradabilidad de la PC de 28%. Esto significa que el uso del lupino y su inclusión en la dieta de animales de alta producción, el cual ha sido limitado por los altos contenidos de proteína degradable en rumen, podría comenzar a incluirse en mayor proporción luego de la extrusión (Brand y Jordaan, 2020).

2.4 USO DE GRANO DE LUPINO EN GANADO DE CARNE

En el siguiente capítulo se analizarán los resultados obtenidos de evaluaciones tanto nacionales como internacionales, sobre el uso del grano de lupino en ganado de carne, haciendo énfasis en la inclusión de esta leguminosa en la dieta de animales en terminación, y su respuesta en producción y calidad de producto.

El grano de Lupino presenta un gran potencial de uso en alimentación animal. Desde el punto de vista nutricional, presenta un alto contenido proteico de alta degradabilidad ruminal, alta energía metabolizable, así también como un bajo nivel de

factores anti-nutricionales dentro de aquellas variedades comercialmente más utilizadas. Estas características han llevado a la generación de información acerca de su utilización en producción animal. Concretamente, en ganado de carne, a diferencia de lo que ocurre con producción lechera, la información generada es relativamente escasa, pero con tendencia creciente.

A continuación, se presentarán resultados de trabajos evaluando el efecto de la inclusión de éste grano en dietas de rumiantes, siendo utilizado como suplemento en condiciones de pastoreo o en confinamiento, para animales de distintas categorías, diferentes niveles de inclusión y sustitución por otros alimentos energético-proteicos y diversos procesamiento del grano, tomando como variables de respuesta; consumo de materia seca (CMS), eficiencia de conversión (EC), ganancia media diaria (GMD) y calidad de canal y carne.

2.4.1 Consumo de materia seca (CMS).

Rojas y Carrasco (1987) indican una tendencia al aumento en el CMS en novillos Hereford de 7-8 meses de edad (220 kg) alimentados a base de ensilaje de pasturas y minerales, en la medida que se incrementa la inclusión de lupino grano chancado (10%, 20%, 30% y 40%) en sustitución del ensilaje de pasturas. Para esta evaluación fue utilizada la especie *L. albus*, con un valor menor o igual a 0.06% de alcaloides y no se observaron trastornos digestivos.

Rojas et al. (2011) aseguran que el CMS es independiente del nivel de procesamiento de grano, lo cual fue evaluado sobre vaquillonas de razas británicas de 22 meses de edad. Estas fueron sometidas a 4 tratamientos, en los cuales sobre una relación 60:40 de ensilaje de cebada y grano (62% grano de avena y 38% grano de lupino), no se observaron diferencias en el consumo al ofrecer los granos entero o molidos.

Esto concuerda con Catrileo y Rojas (1995) y su trabajo con novillos de 9-10 meses confinados con dietas a base de ensilaje de maíz, cebada molida, minerales y lupino con iguales niveles de proteína. Comparando dos especies de grano de lupino, lupino australiano (*L. angustifolius*) y lupino blanco (*L. albus*), ambos suministrados entero o molido, se encontró mayor ($P < 0.05$) CMS cuando se utilizó como ingrediente el lupino australiano. Los autores atribuyen esta respuesta a que el lupino blanco presentó mayor concentración de energía metabolizable y de extracto etéreo.

Según Ragni et al. (2018), existe un menor CMS ($P < 0.01$) cuando se sustituye la fuente de proteína soja por lupino blanco (*L. albus*), en la alimentación bajo confinamiento de vaquillonas Charolais en terminación con dietas a base de paja de trigo y cereales, con similares niveles de proteína y energía. Según estos autores, el menor CMS podría estar explicado por la presencia de alcaloides en grano de lupino que da un sabor amargo, no medido en dicho ensayo.

Obeidat (2021), en un experimento realizado con corderos Awassi confinados con dietas a base de cebada y harina de soja como testigo, obtuvieron un mayor ($P \leq 0.05$) CMS cuando se incluyó lupino australiano (*L. angustifolius*) a razón de 250 g/kg MS, sustituyendo parcialmente el grano de cebada y harina de soja. Cabe destacar que las dietas fueron formuladas isoproteicas e isoenergéticas, sin embargo en los casos que se incluyó lupino la ingesta de energía metabolizable fue mayor ($P = 0,02$).

Por otro lado, White et al. (2002) aseguran una reducción del consumo voluntario cuando ovejas Merino fueron confinadas con dietas incluyendo 70% de lupino vs 35% de lupino, además de heno de avena y minerales. La especie usada fue *L. angustifolius*, alimento seguro para rumiantes en términos de acidosis. Sin embargo, según Allen et al, citado por White et al. (2002) habría problemas en rumiantes desnutridos cuando se alimentan con altos niveles de grano de lupino.

Crempien (1993), en un ensayo con ovejas en gestación precoz Dorset x Merino pastoreando sobre rastrojos de trigo con dos niveles de suplementación con grano de lupino, T1: 200 g/a/día y T2: 400 g/a/día, observó mayor utilización de la paja de trigo en T1 y T2 que en el testigo sin lupino. Según Rowe y Ferguson, citados por Crempien (1993), esta respuesta puede vincularse a mayor consumo del rastrojo debido al contenido proteico del grano de lupino. El porcentaje de utilización del rastrojo en T2 fue menor que en T1, posiblemente por un efecto de mayor sustitución cuando el grano de lupino sobrepasó los 300 g/a/día (Crempien y Badilla, 1994).

2.4.2. Efecto del uso del grano de lupino en la fase de recría de vacunos.

A nivel nacional se han llevado a cabo trabajos de investigación con el fin de generar información sobre la respuesta a la utilización de grano de lupino, concretamente *Lupinus angustifolius*, en los diferentes sistemas y procesos de producción de carne vacuna. Específicamente, durante el proceso de recría, se ha validado información a nivel experimental sobre el uso de este grano en la alimentación de terneros, tanto como suplemento en sistemas pastoriles o formando parte de la dieta de animales en confinamiento a distintos niveles de inclusión.

2.4.2.1 Utilización de la suplementación con lupino en terneros de recría bajo pastoreo

La respuesta a la suplementación de animales en pastoreo depende no solo de la oferta de forraje asignada por animal (expresada como los kg de MS de forraje/100 kg de peso vivo), sino también de la calidad del forraje ofrecido, el tipo de suplemento y el nivel de suplementación.

En un trabajo realizado por Beretta et al. (2019), terneras de raza Hereford pastoreando verdeo de invierno en base a avena con una oferta de forraje de 5 kg de MS/100 kg de peso vivo experimentaron ganancias de peso promedio de 0,52 kg/día. Cuando esta categoría fue suplementada a razón del 1% del peso vivo con grano húmedo de sorgo, DDGS de sorgo o Lupino (*Lupinus angustifolius*) quebrado se observaron ganancias medias diarias 0,67, 0,87 y 0,95 kg/día respectivamente. Según Beretta et al. (2019), los consumos de suplemento y de forraje entre tratamientos no difirieron estadísticamente, por lo tanto, esta respuesta estaría evidenciando un mayor valor nutritivo de la dieta cuando el pastoreo de avena se complementa con fuentes energético-proteico como el DDGS y Lupino respecto al grano de sorgo. Reflejándose en los valores de eficiencia de conversión del suplemento: 13:1, 5,48:1 y 4,65:1 para grano húmedo de sorgo, DDGS de sorgo y lupino respectivamente.

En otro experimento, llevado a cabo por Beretta et al. (2021), dirigido a evaluar el efecto de la suplementación con *L. angustifolius* quebrado en terneros Hereford destetados en su primer invierno pastoreando *Lolium multiflorum* cv. Bill Max a dos ofertas de forraje (2,5 y 5,0 kg de MS/100 kg de peso vivo) se observó un incremento en la ganancia media diaria de peso vivo de 2,3 veces respecto al testigo sin suplementar (1,12 vs 0,48), siendo los animales suplementados significativamente más pesados al final del periodo de evaluación, independientemente de la oferta de forraje a la cual pastoreaban. Con valores de eficiencia de conversión de 3-4:1.

La suplementación con alimentos energético-proteico como el grano de lupino, en terneros destetados que pastorean verdeos de invierno permitió expresar ganancias de peso vivo 42% superior respecto a las que se alcanzan con grano de sorgo cuando se suplementa al 1% del peso vivo (Beretta et al., 2019), asociado a un aporte balanceado entre proteína y energía en estas categorías tan exigentes.

Por otro lado, un estudio realizado por Simeone et al. (2021a) dirigido a explorar la respuesta a la suplementación invernal de terneros Hereford con grano de lupino pastoreando campo natural de basalto, reporta eficiencias de conversión del suplemento en torno a 3:1 cuando este es ofrecido a razón del 1% del peso vivo. Según

los autores la baja EC del suplemento sugiere una baja sustitución de forrajes por grano dada las condiciones restrictivas de oferta de forraje durante el invierno, mejorando de este modo el consumo total de MS, proteína y energía metabolizable de los animales.

2.4.2.2 Inclusión del grano de lupino en la dieta de terneros alimentados a corral

El encierro de terneros a corral durante su primer invierno de vida se conoce con el nombre de alimentación diferencial del ternero (ADT). Esta estrategia productiva permite encerrar aquellos animales más eficientes desde el punto de vista de la conversión de alimento en peso vivo, gracias a sus bajos requerimientos de mantenimiento y a la composición tisular de sus ganancias diarias con una alta relación músculo/grasa (Simeone et al., 2021b). Sin embargo, esta categoría presenta altos requerimientos de proteína, lo cual debe considerarse a la hora de elegir los alimentos para formular la dieta.

En un trabajo realizado por Simeone et al. (2021b) con terneros Hereford estabulados durante 84 días en su primer invierno de vida, se evaluó la sustitución de DDGS de sorgo por lupino grano quebrado en cuatro dietas experimentales: 0%, 33%, 66% y 100% de sustitución por lupino; a razón de una inclusión de lupino en la dieta total de 0%, 10%, 20% y 30% respectivamente. El grano de lupino presenta características nutricionales similares al DDGS tanto en su aporte de proteína como energía, pero a diferencia de éste, el lupino presenta un muy bajo aporte de proteína no degradable en el rumen. El uso de niveles crecientes de inclusión de lupino en la dieta incrementó significativamente las ganancias diarias de peso, el peso final, y el espesor de grasa dorsal de forma cuadrática, logrando la mejor eficiencia de conversión para 30% de lupino y 0% de DDGS, alcanzando valores de disminución de la EC de 95 gramos por cada 1% de aumento de la cantidad de lupino en la dieta (Simeone et al., 2021b). El incremento de la participación del lupino en la dieta total provocó un descenso lineal en el CMS total, lo cual determinó a su vez una reducción de las ganancias medias. No obstante, dado que la magnitud de la caída en el consumo fue mayor a la observada en la ganancia, la eficiencia de conversión se redujo de modo significativo.

Por otro lado, Rojas y Catrileo (2004) reportan que terneros de raza Hereford, alimentados en base a ensilajes de pradera y suplementados con raciones que contenían lupino, podían consumir hasta 40% de lupino en la ración sin observarse trastornos digestivos en los animales, logrando ganancias medias diarias de 965 g/día.

2.4.3 Efecto del uso del grano de lupino en la fase de terminación de vacunos.

La estructura única del lupino y su composición química y física ha contribuido al entendimiento de cómo compuestos alternativos, como los polisacáridos no almidonosos, pueden tener un rol preponderante en la producción animal (Van Barneveld, 1999). Además de su aporte energético, su valor proteico también lo posiciona como una fuente potencialmente alternativa frente a otros alimentos comúnmente utilizados. A continuación, resumimos su impacto productivo como alimento formando parte de la dieta de animales en terminación.

2.4.3.1 Performance a corral

Desde el punto de vista proteico, el grano de lupino al igual que otras leguminosas, se plantea como una alternativa al poroto de soja buscando sustituir el aporte proteico del mismo en producción animal. De este modo, Ragni et al. (2018), en su trabajo realizado sobre engorde de vaquillonas Charolais evaluó tres dietas isoproteicas e isoenergéticas con, 14% de poroto de soja, 28% *Vicia faba* y 20% *Lupinus albus* cv. Multitalia en base seca. Desde la óptica productiva, no se encontraron diferencias significativas en el peso a faena ni en las ganancias medias diarias, pero si en la eficiencia de conversión a favor de las habas de (6.71) con respecto a soja y lupino, 7.17 y 7.15, respectivamente (Ragni et al., 2018). Según indican estos autores, los granos de lupino al igual que las habas formando parte de raciones peleteadas podrían considerarse como una alternativa válida para sustituir el grano de soja en animales en terminación.

Además, Rojas y Catrileo (2004), comparando el lupino australiano entero versus afrecho de soja, en raciones con ensilaje de maíz en novillos Holstein, obtuvieron resultados que indican que el lupino australiano entero, puede sustituir completamente al afrecho de soja, en raciones de engorde de novillos, sin provocar diferencias en los incrementos de peso vivo.

Sumado a lo anterior, Fukamachi, citado por Petterson (2000), observó que en novillos Holstein en crecimiento y engorde, desde 200 a 700 kg de peso vivo, la sustitución de harina de soja por lupino dulce australiano (*L. angustifolius*) en copos, mejoró el consumo de 1 a 4% , las ganancias medias diarias en 3% y la eficiencia de conversión en un 2%. Demostrando nuevamente las posibilidades de inserción del lupino como una alternativa proteica viable para la sustitución de la soja en la dieta de rumiantes.

Como ya fuera mencionado, el procesamiento de los granos tiene un considerable efecto en la degradabilidad y tasa de desaparición de la MS, PC y FDA a nivel ruminal (Jahn et al., 1999). Sin embargo, Rojas y Catrileo (2004) comparando grano entero y chancado de lupino blanco y australiano en raciones de engorde de novillos Hereford de 9 a 10 meses de edad, determinaron que la molienda del grano no tiene efecto sobre el incremento de peso, consumo de alimento ni eficiencia de conversión, mientras que sí se observó mayor ganancia de peso vivo concordante con mayor consumo con lupino australiano (*L. angustifolius*) respecto al lupino blanco (*L. albus*). Más adelante y con animales de mayor edad, Rojas et al. (2011) evaluaron el efecto del procesamiento de los granos sobre el engorde de vaquillonas Hereford x Angus de 22 meses de edad alimentadas en base a ensilaje de cebada, grano de lupino australiano y grano de avena, sin encontrar diferencias significativas en la respuesta animal entre granos ofrecidos enteros o molidos, concluyendo que no se justificaba el procesamiento de los granos, tanto económica como productivamente.

En otro estudio orientado a evaluar la respuesta productiva del engorde invernal de novillos cruza razas británicas alimentados con dietas formuladas a partir de grano de lupino amarillo (*L. luteus*) vs lupino australiano (*L. angustifolius*), Rojas et al. (2014) no observaron diferencias estadísticas en la respuesta productiva, con ganancias diarias de 1 kg de peso vivo y eficiencias de conversión de 7.86 aproximadamente.

2.4.4 Calidad de canal

En el trabajo mencionado anteriormente, Obeidat (2021) asegura que la inclusión de grano de lupino en la dieta de corderos Awassi, no generó diferencia significativa para las variables peso a faena y peso de canal respecto al tratamiento testigo, cuando se lo incluyó a razón de 125 g/kg MS o 250 g/kg MS.

Wiese et al. (2003) compararon distintas fuentes de proteína en dietas isoenergéticas e isoproteicas para el engorde de corderos en confinamiento. Se utilizó lupino y 2 fuentes alternativas; canola y urea. Los resultados mostraron que no hubo efecto significativo de tratamiento tanto para peso de canal, rendimiento de canal (%) o espesor de grasa dorsal. Al igual que estos autores, Fychan et al. (2008) tampoco hallaron diferencias en pesos de canal al sustituir soja por lupino y/o concentrado comercial.

Sin embargo, White et al. (2002) hallaron pesos de canal caliente significativamente mayores ($P < 0.05$) cuando se incluyó 70% vs 30% de lupino australiano a la faena de ovejas Merino durante confinamiento. Además de mayor espesor de grasa dorsal y mayor rendimiento (%) cuando el nivel de inclusión de dicho grano fue mayor.

Facciolongo et al. (2014) y sus ensayos sobre corderos “Gentile di puglia”, evaluaron distintas alternativas de fuentes proteicas y no encontraron diferencias significativas para peso de canal al sustituir soja por lupino (*L.albus*). Sin embargo, sí se encontró una diferencia en peso, cuando se utilizó habas en lugar de lupino, es decir que potencialmente existieron fuentes proteicas que de ser usadas podrían generar carcasas más pesadas.

2.4.5 Calidad de carne

La harina de soja y las harinas de legumbres desempeñan un papel importante en la reducción de los niveles de colesterol en la carne. En semillas de leguminosas, los polioligosacáridos no amiláceos solubles actúan como un agente reductor del colesterol lo cual tiene un impacto benéfico sobre la salud del consumidor. (Viveros et al., citados por Biesek et al., 2020).

Ledward (1985) informan que las diferencias en el color de la carne pueden deberse a variaciones en los valores de pH. Varios autores reportaron que un pH 24 horas post mortem arriba de 6.0 representa un problema en términos de la calidad de la carne, debido a que provoca un color oscuro y aumenta la variación en la terneza de ésta.

Ragni et al. (2018) en un experimento realizado sobre vaquillonas Charolais en confinamiento con una dieta 35% Lupino, estas presentaron valores normales de pH 24 horas post-mortem ($\text{pH}=5,2$). A su vez no se encontraron efectos de la dieta sobre características de terneza, ni valores porcentuales de ácidos grasos saturados. Estos resultados concuerdan en general con los informados por Vicenti et al. (2009) en novillos jóvenes de Podolia, aunque la dieta con 35% lupino sí condujo a un aumento de C20:3 (ácido dihomo γ -linolénico) y C20:4n-6 (ácido araquidónico).

En corderos merino alimentados con diferente nivel de inclusión de lupino y *L. cicera* en la dieta (35% y 70% de inclusión de ambos granos), no se encontraron diferencias significativas para las variables pH y color de carne, aunque sí se vio una tendencia a un mayor valor de amarillo en la grasa de ovejas alimentadas con lupino, lo cual no sucedió al incluir *L. cicera* (White et al., 2002).

En un experimento realizado por Vicenti et al. (2009) el cual tuvo como objetivo evaluar el efecto del lupino (*Lupinus albus* L. var. Multitalia) como sustituto de la soja en la alimentación sobre el comportamiento productivo y la calidad de la carne de novillos, los rendimientos productivos fueron similares para ambos grupos. Los valores de pH, medidos en los músculos *Longissimus lumborum* y Semitendinoso 24 horas después del sacrificio fueron similares. No se observaron diferencias entre los grupos en cuanto a las características de color de ambos músculos o la terneza de la carne. Además, tampoco se hallaron diferencias estadísticas entre las dietas con respecto al perfil de ácidos grasos de las carnes, excepto por una incidencia significativamente mayor de ácido linoleico en la carne obtenida de animales alimentados con soja (Vicenti et al., 2009).

Lestingi et al. (2016) analizaron el efecto del uso de guisantes (*Pisum sativum*) y Lupino (*L. albus*) solos o en asociación, en el engorde de corderos “Gentili di Puglia”, con dietas isoenergéticas e isocalóricas. Llegaron a la conclusión de que el pH, color y terneza de la carne no se ve influenciado por la fuente proteica de la dieta, sea guisante o lupino. Sin embargo encontraron que la dieta solo con lupino (250 g/kg), tuvo un efecto negativo en la composición intramuscular, observándose a una mayor proporción de ácidos grasos saturados, menor nivel de ácido oleico y una relación n6/n3 menor en comparación a la dieta de solo guisante (300 g/kg) y a la dieta que combinaba lupino (150g/kg) con guisante (150 g/kg). Los resultados del trabajo mencionado anteriormente de Wiese et al. (2003), exponen que las variables color de carne, pH y terneza concuerdan con lo expuesto en Lestingi et al. (2016).

2.5 HIPÓTESIS

Existe un nivel óptimo de sustitución de grano de sorgo por grano de lupino en la dieta de novillos en terminación alimentados con una RTM altamente

concentrada previo a la faena, que optimiza la eficiencia de conversión y la ganancia de peso vivo. Esta respuesta estaría asociada a cambios en el consumo de MS, mayor aprovechamiento de los nutrientes consumidos y mayor contenido de fibra en la RTM afectando el valor nutritivo de la dieta.

La sustitución de energía proveniente del almidón (sorgo) por energía proveniente de las pectinas y de las hemicelulosas que constituyen la pared celular de las células de los cotiledones (lupino) podría generar diferencias significativas en características de canal y carne.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL.

El experimento se llevó a cabo en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) perteneciente a la Facultad de Agronomía (UDELAR). La misma se ubica en el kilómetro 363 de la ruta 3 en el departamento de Paysandú, litoral norte del Uruguay, a 32°23'15'' de latitud sur, 58°2'35'' de longitud oeste. El periodo de experimentación transcurrió entre el 19 de agosto y el 3 diciembre de 2021.

3.2 CLIMA

El departamento de Paysandú cuenta con un régimen hídrico de precipitaciones de 1.218 milímetros anuales, humedad relativa de 73% y una temperatura media anual de 17.9°C, la cual varía entre un máximo promedio de 23,8°C y un mínimo promedio de 12,2°C (usa, 2021). En el cuadro 1, se presentan los datos climáticos del periodo experimental.

Cuadro 1. Medias mensuales históricas de temperatura, precipitaciones y humedad relativa de los meses del período experimental

	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura media (°C)	12,9	14,6	17,5	20,4	23,1
Temperatura Máxima (°C)	18,5	8,8	23,5	26,4	29,7
Temperatura Mínima (°C)	7,5	20,5	11,6	14,1	16,8
Precipitaciones (mm)	73	91	122	118	115
Humedad relativa (%)	75	73	72	69	66

Fuente: adaptado de INUMET (2021).

3.3 INFRAESTRUCTURA

Para realizar el experimento se delimitaron con hilo eléctrico 12 corrales de 15 metros de largo por 4 metros de ancho, con un área total de 60 metros cuadrados por corral. Cada corral dispuso de un comedero de hormigón (Largo 1,5 m, ancho superior 0,65 m, ancho base 0,47 m, alto 0,63 m - 0,53 m) y bebedero, asegurando así un suministro tanto de alimento como de agua fresca y limpia a voluntad durante todo el periodo

3.4 ALIMENTOS

Se formularon 4 raciones totalmente mezcladas, sin fibra larga, con 21% de inclusión de grano entero de avena como fuente de fibra. Las mismas fueron elaboradas en base a grano de sorgo molido (GS), difiriendo en el nivel de inclusión de grano de lupino (GL) en sustitución del sorgo: 0%, 15%, 30% y 45 % en base seca. La composición de ingredientes y química se presenta en los cuadros 2 y 3, respectivamente.

Cuadro 2. Composición de las raciones experimentales difiriendo en la concentración de grano de lupino en sustitución del grano de sorgo (expresado como porcentaje de la materia seca).

Alimento	Nivel de inclusión de lupino			
	0%	15%	30%	45%
Grano entero de avena	21.1	21.1	21.1	21.1
Grano de lupino	0.0	15.0	30.1	45.1
Grano de sorgo	45.1	30.1	15.0	0.
Afrechillo de trigo	30.1	30.1	30.1	30.1
Núcleo ¹	3.7	3.7	3.7	3.7

¹Composición del núcleo: urea 6,01%, Zoodry feedlot 3%, Carbonato de calcio 60,66%, Sal común NaCl 10,01%, Rumensin (20% monensina) 0,30%, Cloruro de Potasio 20,02%.

Cuadro 3. Composición química de las raciones experimentales difiriendo en la concentración de grano de lupino en sustitución del grano de sorgo.

Análisis	Nivel de inclusión de lupino			
	0%	15%	30%	45%
MS (%base fresca)	90.65	91.62	91.88	92.02
C(%)	6.79	6.78	7.21	7.75
PC(%)	10.42	12.52	15.75	16.99
EE(%)	2.34	3.41	4.03	4.2
aFDNmo(%)	31.3	34.72	35.9	43.75
FDAmo(%)	14.55	14.41	17.79	21.01
LIGas(%)	2.91	2.45	1.78	2.14
NIDN% x 6.25	2.87	2.53	2.39	1.75
NIDA% x 6.25	0.86	0.61	0.63	0.44
CNF*	49.15	42.57	37.11	27.31

MS: Materia seca; C: cenizas; PC: Proteína cruda; EE: Extracto etéreo; aFDNmo: Fibra detergente neutro con alfa amilasa; FDAmo: fibra detergente ácida; LIGas: lignina; NIDN: Nitrógeno indigestible detergente neutro; NIDA: Nitrógeno indigestible detergente ácido; CNF: Carbohidratos no fibrosos (CNF % = 100% - FDN% - PC% - EE% - Cenizas%).

*Fuente: elaborado con base en Mertens (2002).

3.5 ANIMALES Y TRATAMIENTOS.

Cuarenta y ocho novillos Hereford provenientes del rodeo experimental de la EEMAC, nacidos en la primavera del año 2019, fueron bloqueados por peso vivo

(livianos, $361,6 \pm 15,6$ kg; medios, $392,1 \pm 6,9$ kg; y pesados, $416,5 \pm 6,3$), y dentro de cada bloque distribuidos al azar en 4 grupos, los cuales fueron sorteados entre las cuatro dietas experimentales, de tal manera que cada tratamiento quedó integrado por 3 repeticiones (corrales) y cada corral constituyó una unidad experimental integrada por 4 novillos.

3.6 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

El periodo de encierro de animales en régimen de confinamiento durante el cual se realizó abarcó 106 días, en el cual se pueden diferenciar 3 etapas:

- Periodo de acostumbramiento.
- Periodo experimental.
- Faena.

3.6.1 Período de acostumbramiento (19/08/2021 al 19/09/2021)

Los novillos, provenientes de manejo bajo pasturas, fueron gradualmente introducidos durante cuatro semanas al consumo de ración comercial (RC), la cual fue gradualmente sustituida por las diferentes raciones experimentales (RE) según tratamiento (el detalle de dicho procedimiento se describe en el anexo N°2). Al finalizar este periodo, los animales ya se encontraban consumiendo *ad libitum* su respectiva ración experimental.

3.6.2 Periodo experimental

El periodo experimental comenzó el 20/09/2021. Durante el mismo, el alimento fue suministrado *ad libitum*, distribuido en 2 comidas de igual proporción, a las 8:00 h y la 16:00 h.

Se realizó diariamente “lectura de comedero”. Se tomó como criterio de oferta *ad libitum* cuando el rechazo de alimento representaba el 10 % o más de lo ofrecido. Si éste era menor al 10%, en la siguiente oferta se aumentaba un 5% del total de lo ofrecido el día anterior. En ningún caso se disminuyó la oferta.

3.6.3. Faena

Todos los animales fueron faenados a fecha fija el 4/12/2021 en el Frigorífico Casa Blanca, establecimiento comercial situado en el pueblo Casa Blanca en el departamento de Paysandú, a 21 km de la EEMAC.

3.7. MANEJO SANITARIO.

Previo al inicio del periodo de acostumbramiento, los animales fueron tratados para el control de parásitos internos y externos, enfermedades respiratorias y diarreas. Se le suministro Neumosan v4j5 y Tetramit “F” ambos según dosis indicada en cada rótulo respectivamente.

Se realizaron limpiezas periódicas a los bebederos, con el fin de eliminar posibles efectos en la performance animal, debido a la calidad del agua.

Diariamente los animales eran observados a fin de identificar posibles irregularidades en el comportamiento, como ser problemas de patas o algún trastorno digestivo, entre otros, los cuales no se reportaron.

3.8. REGISTROS Y MEDICIONES

3.8.1. Altura al anca

La altura al anca fue medida a inicio del periodo experimental, previo ingreso de los animales al corral y al final del mismo, previo al embarque a faena.

3.8.2. Peso vivo

Los animales fueron pesados en forma individual al inicio del experimento y cada 14 días durante el transcurso del periodo de ensayo, realizándose la última pesada previo embarque a faena. Las mediciones de peso vivo fueron realizadas a primera hora de la mañana, sin ayuno previo con una balanza electrónica portátil con capacidad y precisión de $2000 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$. Las ganancias diarias fueron estimadas por regresión de peso vivo en los días experimentales.

3.8.3 Consumo y eficiencia de conversión

El consumo de materia seca de cada unidad experimental fue medido como la diferencia entre la materia seca ofrecida y la materia seca (MS) residual. Diariamente, previo a la primera comida se recolectaba el rechazo de los comederos, registrándose el peso fresco, corrigiendo este valor por su contenido de MS. La eficiencia de conversión se estimó a partir del consumo medio diario y de la ganancia media diaria ajustada.

Semanalmente se tomaron muestras del alimento ofrecido y residual para la determinación de la MS. Las mismas fueron secadas a estufa durante 48 horas a 60°C hasta alcanzar pesos constantes. Las muestras secas fueron molidas y conservadas para posterior análisis químico.

3.8.4 Patrón de consumo y comportamiento ingestivo

En la cuarta y séptima semana del periodo experimental se cuantificó el patrón diario de consumo y el comportamiento ingestivo, durante dos días consecutivos en cada semana. El patrón de consumo se registró los días 14/10, 15/10 y 3/11, 4/11. A lo largo del periodo de luz, desde 7:20 h hasta las 19:20 h, se pesó el alimento residual en el comedero cada 2 horas, retornando al mismo una vez pesado. El consumo entre las 19:20 h y el rechazo pesado a la mañana siguiente, fue identificado como consumo nocturno.

A su vez, durante los días 16/10, 17/10 y 6/11, 7/11 (cuarta y séptima semana, respectivamente), se tomaron registros del comportamiento de todos los animales, mediante observación visual directa de cada uno de ellos; registrándose cada 10 minutos, entre las 8:00 hs y las 18:00 hs, la actividad realizada por cada animal: consumo de alimento, consumo de agua, descanso o rumia.

3.8.5 Digestibilidad aparente *in vivo*

La digestibilidad *in vivo* de la dieta fue estimada utilizando como marcador interno, la concentración de cenizas insolubles en detergente ácido, en heces y alimento (Van Keulen y Young, 1977).

Durante 5 días consecutivos de las semanas 3 y 8 del periodo experimental (6/10 al 10/10 y 9/11 al 13/11, respectivamente) fueron tomadas muestras del alimento ofrecido y rechazado, y de las heces de cada uno de los 48 animales. Las muestras de heces fueron recolectadas en la mañana directamente del recto de cada animal y congeladas posteriormente a su extracción. Pasado los 5 días se realizó una muestra compuesta por animal y por periodo, la cuales fueron pesadas previo y posteriormente a ser secada a estufa a 60° durante 7 días, para luego ser analizadas individualmente.

3.8.6 Caracterización del aporte de fibra efectiva en la dieta

En estas semanas 3 y 8 también se caracterizó el aporte de fibra efectiva del alimento ofrecido, sobre muestras triplicadas de cada una de las cuatro raciones experimentales, utilizando el separador de partículas Penn State.

Las muestras logradas posteriores a la separación del Penn State fueron secadas a estufa durante 48 hs a 60°C para la determinación de la MS de cada una de las fracciones logradas y cálculo de la distribución de las fracciones como porcentaje de la MS Total.

Dichas fracciones fueron calificadas según las bandejas cribadas del Penn State, describiendo la distribución del tamaño de partículas como mayores a 19 mm, entre 19 y 8 mm, entre 8 y 1,18 mm y menor a 1,18 mm. El aporte de FDN físicamente efectiva fue calculado como el producto del factor de efectividad de la fibra (equivalente la proporción de partículas mayores a 1,18) y el contenido de FDN de la ración

3.8.7 Pre faena y post faena

Los animales fueron pesados individualmente en planta previa a la faena, luego de 24 h de ayuno.

Los datos recolectados consistieron en:

Peso de canal caliente: se obtuvo una vez faenados los animales, luego del desangrado, desollado y eviscerado. Posteriormente, la canal fue dividida en dos medias, derecha e izquierda respectivamente, dio origen a los pesos en 4ta balanza de cada media res.

Previo a la determinación de peso canal, el técnico del MGAP clasificó según sexo y edad (cronometría dental) y tipificó cada canal según su conformación y grado de terminación).

Tipificación de canales: Se asignó un puntaje a las canales utilizando las escalas de INAC: conformación; relación músculo-hueso de la canal (INACUR), en donde la letra I corresponde a las canales con un gran desarrollo muscular y la letra R a una canal carente de músculo, y terminación en base al grado de engrasamiento

(relación músculo/grasa); cantidad y distribución de grasa, en una escala de engrasamiento de 5 puntos (0 canal desprovista de grasa y 4 canal con exceso de grasa).

Rendimiento: surge de la relación entre el peso de la canal caliente (en 4ta balanza) y el peso vivo a la faena, expresado como porcentaje.

pH: se midió a nivel de la 10-11a costilla, accediendo al músculo *Longissimus dorsi* de forma perpendicular y en dirección caudo craneal con peachímetro portátil, previamente calibrado con buffers 4 y 7 a temperatura de cámara.

Espesor de grasa subcutánea: consiste en el trazado de una bisectriz a nivel de la 10-11a costilla, a lo largo del área de ojo de bife, en el punto p8. Se traza la perpendicular, y a esa altura se obtiene el resultado del espesor con regla milimetrada.

Color de músculo: fue determinado sobre el músculo *L. dorsi* a nivel de la 10a y 11a costilla mediante un colorímetro portátil Minolta CR-10, con un período mínimo de una hora de exposición al oxígeno (blooming). Se tomaron tres lecturas y se promediaron posteriormente. Cada medida se compone por tres parámetros, $L^*a^*b^*$. El valor L^* corresponde a la luminosidad y es directamente proporcional a la reflectancia de la luz reflejada, variando entre 0 (negro) y 100 (blanco); a^* (índice de rojo) refiere a diversas tonalidades de rojo, con valores positivos indicando rojo y valores negativos verde; b^* (índice de amarillo), siendo amarillo con valor positivo y azul con valores negativos.

Color de grasa: se realizó el mismo procedimiento descrito para color de músculo, difiriendo únicamente que las lecturas se tomaron sobre la grasa del mismo corte.

Marbling: la distribución y el grado de cobertura de grasa intramuscular o marmóreo se midió por apreciación visual sobre el *L. dorsi* a nivel de la 10a y 11a costilla. La metodología utilizada fue la propuesta por el USDA que involucra nueve grados desde prácticamente nulo a abundante, asignando a cada respectiva clasificación un número del 1 al 9.

Fuerza al corte: se midió a través del uso de una cizalla o célula Warner-Braztler, utilizando cilindros de músculo de 1,27 cm de diámetro obtenidos mediante un sacabocado respetando las fibras musculares paralelas a lo largo del mismo, luego de que las muestras del músculo longissimus dorsi haya sido cocinada en baño maría durante 45 minutos.

3.9 MUESTREO Y ANÁLISIS QUÍMICO.

Las muestras semanales de las raciones experimentales y del alimento residual en cada corral, fueron combinadas en una muestra compuesta del alimento ofrecido y residual por tratamiento para el periodo experimental

Para las muestras diarias de ofrecido y rechazado tomadas durante los dos periodos de evaluación de digestibilidad aparente, fueron combinadas en una muestra compuesta por tratamiento y por corral, respectivamente, para ambos periodos.

Los análisis químicos fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía. Sobre muestras compuestas del alimento ofrecido y residual de cada tratamiento se determinó el contenido de cenizas, N total, NIDN, NIDA EE, ADIN, FDN y FDA. Sobre muestras compuestas del alimento y de heces por animal y periodo, se determinó el contenido de MO y cenizas insolubles en ácido.

La ceniza es el residuo inorgánico de una muestra incinerada a 600°C (Williams, 1984).

Para la determinación del nitrógeno total fue utilizado el método Kjeldhal. El principio básico es la conversión del N de las sustancias nitrogenadas en amonio por medio de una digestión en caliente con ácido sulfúrico concentrado. Para convertir el N en proteína en los materiales vegetales se utiliza el factor 6,25 (Latimer, 2012).

Los contenidos de FDN y FDA fueron determinados con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation) de forma secuencial (Van Soest et al., 1991).

Para la determinación de EE también fueron utilizadas las normas descritas por Latimer (2012).

3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El experimento fue analizado mediante modelos lineales correspondientes a un diseño en bloques completos al azar, considerando a cada corral como una unidad experimental, de acuerdo al siguiente modelo general:

$$Y_{ij}: \mu + T_i + \beta_1 x_{i1} + B_k + \varepsilon_{ij},$$

Donde,

Y_{ijk} : variable de respuesta (peso vivo, eficiencia de conversión, etc.)

T_i : efecto del i -ésimo nivel de sustitución de grano sorgo por Lupino ($i=0\%$; 15%; 30% y 45%),

$\beta_1 x_{i1}$: coeficiente de regresión asociado al covariable peso de inicio

B_k : efecto bloque ($k= 1; 2; 3$)

ε_{ij} : error experimental

El efecto de los tratamientos sobre la ganancia media diaria de peso vivo fue analizado según un modelo lineal mixto de heterogeneidad de pendientes del peso vivo en función del tiempo, considerando la autocorrelación entre las medidas repetidas de peso vivo.

El procedimiento utilizado dentro del paquete estadístico SAS, fue el MIXED y siguiendo el modelo general:

$$Y_{jkl} = \beta_0 + \zeta_j + B_k + \varepsilon_{jk} + \beta_1 d_1 + \beta_1 \zeta_j d_1 + \sigma_{jkl}$$

Donde:

Y_{jkl} : peso vivo

β_0 : intercepto

ζ_j : efecto del j-ésimo nivel de inclusión Lupino ($j= 0\%; 15\%; 30\%$ y 45%)

ϵ_{jk} : error experimental

B_k : efecto bloque ($k= 1;2;3$)

β_1 : es la pendiente promedio (ganancia diaria) del peso vivo (PV) en función de los días (d_1)

β_{1j} : es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días (d_1) para cada nivel de inclusión de Lupino

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

Para analizar las variables de respuesta que están asociadas al consumo de alimento se utilizó el procedimiento MIXED en base al modelo general:

$$Y_{ijkl} = \mu + \zeta_j + B_k + \epsilon_{jk} + S_l + (\zeta S)_{jl} + \sigma_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : consumo de materia seca, rechazo

μ : media general

ζ_j : efecto del j-ésimo nivel de inclusión de Lupino ($j= 0\%; 15\%; 30\%$ y 45%)

B_k : efecto bloque ($k= 1;2;3$)

S : efecto de la S-ésima semana ($l= 1, \dots$).

ϵ_{jk} : error experimental

σ_{ijkl} : es el error de la medida repetida en el tiempo

Los datos de comportamiento ingestivo fueron analizados a través de un modelo lineal generalizado usando el macro GLIMMIX del paquete estadístico SAS.

$$\ln(P/(1-P)) = b_0 + \zeta_i + B_k + P_j + (\zeta P)_{ij} + D_k(P)_j$$

Donde:

P es la probabilidad de consumo, rumia o descanso.

b_0 es el intercepto

ζ_i es el efecto de los tratamientos

B_k : efecto bloque ($k= 1;2;3$)

P_j es el efecto de la semana de observación

ζP_{ij} es la interacción entre tratamiento y semana

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

Las variables como eficiencia de conversión del alimento (EC), digestibilidad, altura final, peso a la faena y características de la canal y carne fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM de SAS de acuerdo al modelo lineal general de la forma $Y_{jk} = \mu + \zeta_j + \epsilon_{ij}$.

Cuando el efecto del tratamiento fue significativo, se analizó la significancia del efecto lineal y cuadrático asociado al nivel de inclusión de Lupino. Se consideró que un efecto fue estadísticamente significativo cuando la probabilidad de error del Tipo 1 fue menor al 5%.

4. RESULTADOS.

4.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS.

En el cuadro 4 se detallan las temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales, así como las precipitaciones y humedad relativa promedio registradas durante el período experimental en la estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni.

Cuadro 4. Temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales, precipitaciones y humedad relativa promedio durante el período experimental.

2021	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre 1-3
Temperatura media (°C)	15,7	18,2	21,7	25,7
Temperatura Máxima (°C)	20.2	24.8	28.3	33.0
Temperatura Mínima(°C)	11.2	11.6	15.1	18.0
Precipitaciones (mm)	85,6	39	92	3
Humedad relativa (%)	81	66	65	64
ITH*	66	73	79	84

Fuente: adaptado de Fagro. EEMAC (2021).

*ITH: Índice de temperatura y humedad

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA.

La composición química de las RTMs ofrecidas durante el período experimental (Cuadro 3) varió dependiendo del nivel de inclusión de Lupino.

Los niveles de proteína cruda y extracto etéreo aumentaron en función del agregado de lupino en la dieta. Lo mismo ocurrió con el porcentaje de fibra, reflejando así un aumento en contenido de carbohidratos estructurales. Sin embargo, los valores de lignina, NIDA y NIDN y CNF disminuyeron en función de esto.

4.2.1 Aporte de fibra físicamente efectiva.

En el cuadro 5 se observa el efecto del nivel de inclusión de lupino sobre la distribución de tamaño de partículas, el factor de efectividad de la fibra y el aporte de fibra efectiva en las RTMs.

Cuadro 5. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre la distribución de tamaño de partículas, factor de efectividad de la fibra y aporte de fibra efectiva en las RTMs.

Tamaño de partícula (%)	Nivel de inclusión de lupino					Efecto		
	0%	15%	30%	45%	EE	"b"	L	C
> 19mm	0,37	0,43	0,48	2,2	0,58	0,0037	*	ns
19-8 mm	44,95	60,48	73,63	69,28	5,28	0,57	**	ns
8-1,18 mm	50,63	39,03	25,88	28,47	5,38	-0,53	**	ns
< 1,18 mm	3,83	0,00	0,00	0,00	0,67	-	**	*
F ef2	45,32	60,92	74,12	71,52	5,71	0,6	**	ns
F ef3	95,95	99,95	100	99,99	0,70	-	**	**
%FDN ef 2	14,2	21,15	26,62	31,28	0,22	0,38	**	**
%FDN ef 3	30,02	34,68	35,9	43,78	2,17	0,28	**	ns

** P<0.01; * P<0.05, ns: P>0.05; EE: error estándar; "b": coeficiente de regresión asociado al modelo lineal; L: lineal; C: cuadrático; Fef2: factor de efectividad (partículas >8mm); Fef3: factor de efectividad (partículas >1.18 mm).FDNf: fibra detergente neutro físicamente efectiva

El tamaño de partícula fue afectado por el nivel de lupino en la dieta (P<0,05) presentado una respuesta lineal positiva para la fracción de partículas mayores a 19 mm (P=0,04) y 19-8 mm (P=0,0016), y una respuesta lineal negativa para la fracción 8-1,18 mm: variando en 0,0037, 0,57 y -0,53 el aporte porcentual de cada tamaño de partícula (expresado como porcentaje), respectivamente por cada punto porcentual de aumento en la inclusión de lupino. Para partículas menores a 1,18 mm se ajustó un modelo cuadrático, con un porcentaje correspondiente a 3,83%, valor únicamente en el tratamiento testigo.

El aporte de FDN físicamente efectiva aumentó en forma cuadrática conforme incrementó el nivel de Lupino en la dieta, registrando el tratamiento 45% de Lupino el mayor valor de 43.8%

4.3 PERFORMANCE ANIMAL.

4.3.1. Peso vivo y ganancia diaria

En la figura 1 se observan las curvas de evolución del peso vivo de los animales en cada tratamiento.

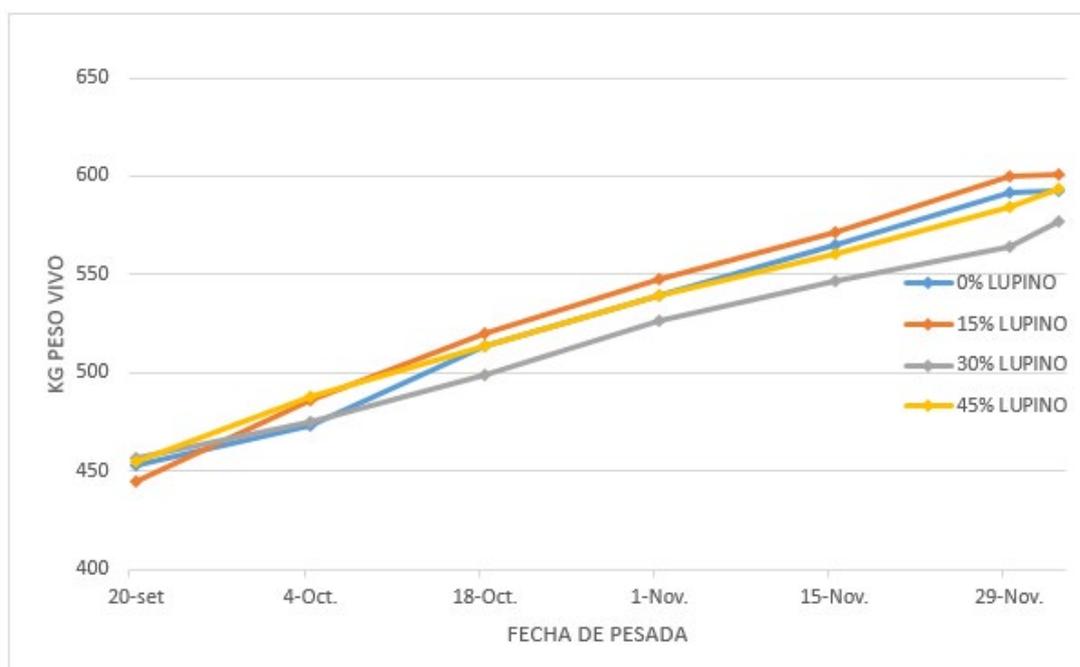


Figura 1. Evolución del peso vivo (kg) para los distintos niveles de inclusión de lupino.

Durante el período experimental, los animales de los distintos tratamientos presentaron comportamientos similares con respuesta lineal para la evolución del peso vivo.

En el cuadro 6 se presenta el peso vivo de inicio, la ganancia media diaria (kg/día), el peso vivo final (kg) y la altura final (cm) para los distintos tratamientos.

Cuadro 6. Efectos del nivel de sustitución de lupino sobre el peso vivo de inicio, ganancia media diaria, peso final y la altura final de los animales.

	Nivel de inclusión de lupino				EE	P-Valor
	0%	15%	30%	45%		
Peso inicio (kg)	453	445	457	455	5,47	0,3
GMD (kg/día)	1.95a	2.14a	1.59b	1.86ab	0,1726	0,023
Peso final (kg)	592,8	598,5	577,3	593,8	12,19	0,51
Altura final (cm)	137.6	138	136.3	138.3	1,49	0,5

GMD: ganancia media diaria; EE: error estándar.

a,b: medias seguidas por letras diferentes, difieren $P < 0.05$

No se hallaron diferencias significativas en el peso vivo promedio por tratamiento a inicio de experimento. La altura, al igual que el peso final, no se vieron afectados por el nivel de inclusión de grano de lupino en la dieta; sin embargo, se observó un efecto significativo sobre la ganancia media diaria ($P < 0,05$) registrando el tratamiento 30% Lupino menor GMD en relación al 0% (-0,350 kg) y al 15% (-0,550 kg). Para el caso de la GMD, ésta no se ajustó a un modelo lineal, ni a un modelo cuadrático, en la medida que aumentó la inclusión de grano de lupino en la dieta.

4.3.2. Consumo, digestibilidad de la MS y eficiencia de conversión.

Con el fin de garantizar un consumo diario *ad libitum* la medición del rechazo se realizó diariamente constatando que dicho rechazo fuese mayor al 10% del total ofrecido en base seca. Dicho rechazo no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($P = 0.3177$). En el cuadro 7 se presentan las medidas ajustadas por tratamiento para las variables CMS, EC y digestibilidad aparente de la MS y MO.

Cuadro 7. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre el consumo diario de materia seca (CMS), eficiencia de conversión (EC) y digestibilidad aparente de la materia seca (DMS) y de la materia orgánica (DMO).

	Nivel de inclusión de lupino				Contraste (valor P)		
	0%	15%	30%	45%	“b”	L	C
CMS (kg/a/día)	12.86	13.69	11.62	11.83	-0,034	**	ns
CMS (%PV)	2.41	2.54	2.23	2.22	-0,0059	**	ns
DMS	85,76	69,98	70,31	70,37	-	**	**
DMO	86,9	71,87	72,76	72,54	-	**	**
EC	6.58	6.75	7.21	6.59	-	ns	ns

** P<0.01; * P<0.05, ns: P>0.05; L: lineal; C: cuadrático; CMS: consumo de materia seca; EC: eficiencia de conversión; DMS: Digestibilidad de la materia seca; DMO: digestibilidad de materia orgánica; “b”: coeficiente de regresión asociado al modelo lineal.

El CMS disminuyó en forma lineal con el aumento de lupino en la dieta, registrándose una caída de 0,034 kg/animal/día, correspondiente a un 0.0059 %PV, por cada una unidad porcentual de aumento. La DMS y DMO también disminuyeron, ajustándose a un modelo cuadrático, donde se observó el menor valor cuando el nivel de inclusión de lupino fue de 31,2% y 30,7%, respectivamente. El valor de DMS y DMO fue mayor (P<0,05) en el tratamiento testigo.

Para la variable CMS, expresado en kg/animal/día o cada 100 kg de peso vivo, se observó una interacción significativa semana × tratamiento (Figura 2). Los tratamientos con los niveles más altos de lupino (30% y 45%) presentaron menores consumos respecto al 0% y 15% de lupino, hasta la semana n° 9. Sin embargo, a partir de la novena semana se igualaron estadísticamente los CMS (%PV).

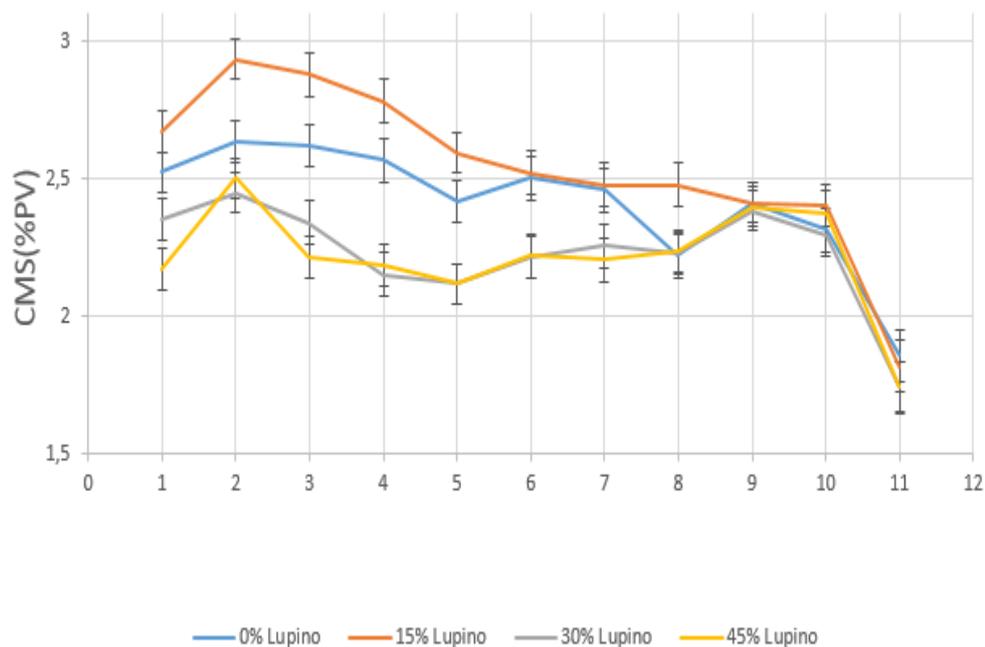


Figura 2. Evolución en el consumo de materia seca (%PV) según los distintos niveles de inclusión de grano de lupino.

Si bien existieron diferencias significativas en cuanto al consumo de MS y la GMD, la eficiencia de conversión no mostró diferencias significativas entre tratamientos. Los 4 tratamientos presentaron una eficiencia de conversión de $6,78 \pm 0,38$.

4.4. COMPORTAMIENTO INGESTIVO

Al analizar el comportamiento general de los animales, se observó que el mayor tiempo fue destinado a descansar, seguido por la actividad de consumo y en menor medida el tiempo destinado a rumia y consumo de agua (Figura 3).

En la figura 3, se puede ver que la actividad de consumo fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en el tratamiento 0% lupino, el cual presentó también un menor ($p < 0,05$) tiempo de descanso. Los tratamientos restantes no

presentaron diferencias significativas entre sí en cuanto a estas características. El tiempo empleado en consumo de agua y rumia no difirió entre tratamientos.

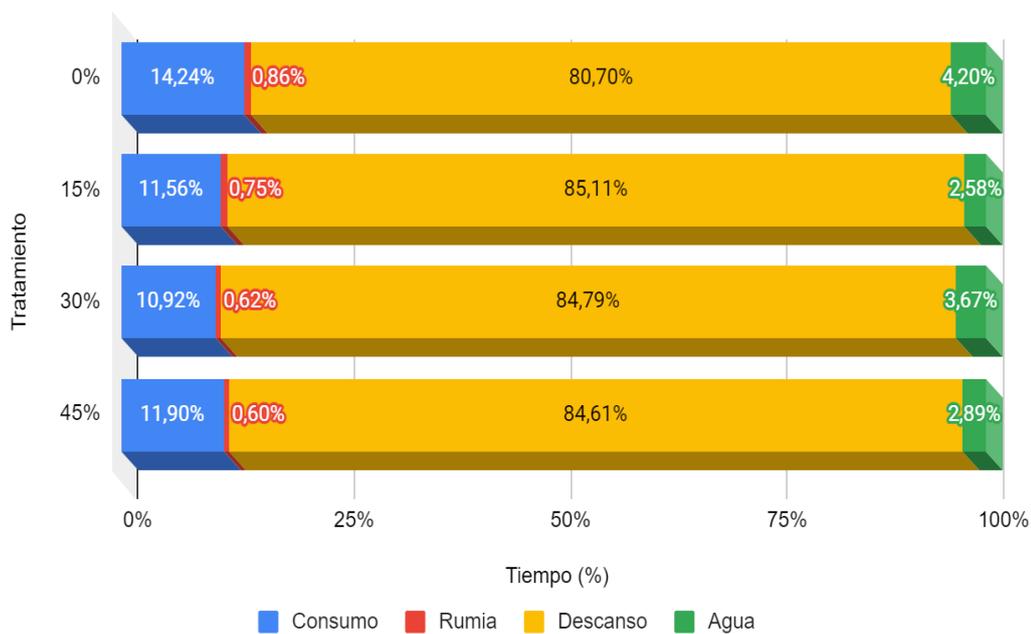


Figura 3. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre el comportamiento animal durante las horas de luz.

4.5 PATRÓN DE CONSUMO

En la figura 4, se presenta el efecto de inclusión de grano de lupino sobre la distribución porcentual del CMS diario en intervalos de 2 horas durante el periodo de horas luz (7:00 h a 19:00 h).

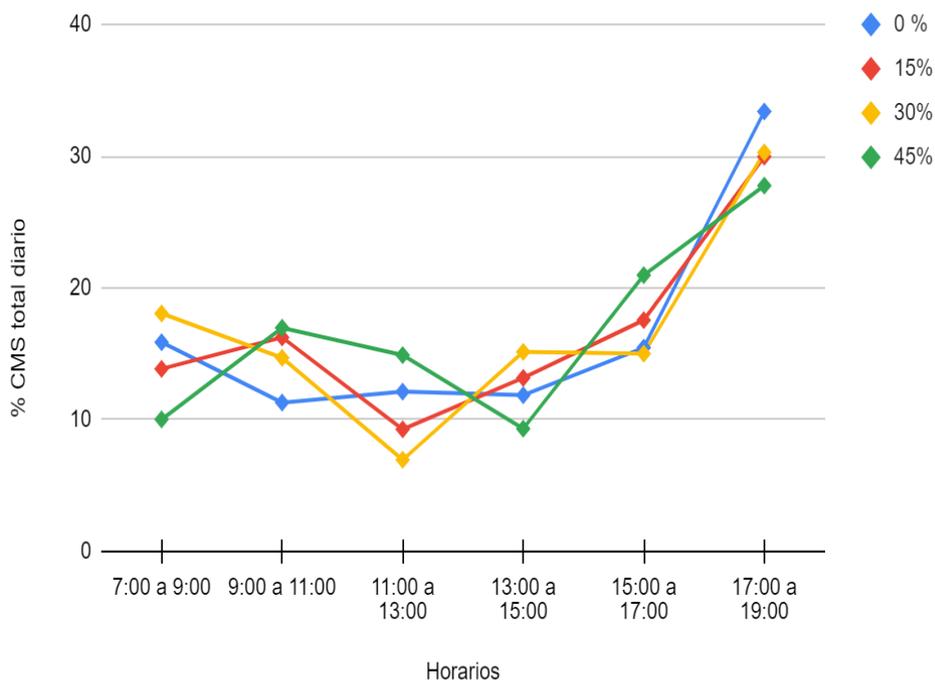


Figura 4. Efecto de la inclusión de grano de lupino sobre el CMS (expresado como % del consumo diario total) medido en turno con intervalo de cada 2 horas.

La distribución del consumo presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en 3 turnos del total estudiados.

El turno de 9:00 a 11:00 horas, se ajustó a un modelo lineal, aumentando en 0,10 el %CMS destinado del total dedicado por cada punto porcentual de nivel de inclusión de lupino.

El turno de 11:00 a 13:00 horas, se ajustó a un modelo cuadrático, presentando el mínimo %CMS cuando el nivel de inclusión de lupino fue de 20,8%.

Finalmente, el turno correspondiente de las 17:00 a 19:00 horas, se ajustó a un modelo lineal, disminuyendo -0,11 el %CMS por cada punto porcentual de inclusión de lupino.

Un aspecto a mencionar sobre la figura 4 es que para todos los tratamientos se observó un aumento en el %CMS en el último turno.

4.6. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE

En términos de conformación, todas las canales fueron tipificadas con la letra “A”, definiéndose esta como “Buena” y en cuanto a terminación, todas las carcasas fueron definidas como de tipo “2”, definiéndose como óptimo el grado de cobertura y distribución de la grasa en las mismas.

En el cuadro 8 se presentan las medias ajustadas de peso a la faena y de todas las variables registradas post faena, describiendo las características que hacen a la calidad de la canal y de la carne, según los niveles de inclusión de lupino.

Cuadro 8. Efecto del nivel de inclusión de lupino sobre las características de la canal y de la carne en novillos alimentados en confinamiento.

	Nivel de inclusión de lupino				EE	P-valor
	0%	15%	30%	45%		
Peso faena (kg)	563,37	567,30	544,20	551,27	12,97	0,45
Peso canal (kg)	318,60	321,87	308,83	311,23	6,85	0,39
Rendimiento (%)	56,57	56,77	56,7	56,47	0,38	0,90
pH	5,50	5,50	5,50	5,50	-	-
EGS (mm)	13,37	12,87	12,20	13,60	0,52	0,20
Color carne (L)	40,20	39,83	40,47	39,17	0,81	0,58
Color carne (a)	25,90	26,13	26,30	26,27	0,77	0,97
Color carne (b)	10,60	10,43	10,70	10,67	0,41	0,94
Color grasa (L)	63,57	64,87	63,83	64,63	0,70	0,39
Color grasa (a)	12,20	12,10	12,13	12,03	0,26	0,95
Color grasa (b)	11,60	10,53	9,97	10,87	0,69	0,32
Marbling	245,83	266,67	254,17	262,50	7,06	0,15
Fuerza de corte (Kgf)	2,78	2,52	2,40	2,52	0,095	0,063

L:Luminosidad; a:índice de rojo; b:índice de amarillo.; EGS: Espesor de grasa dorsal; EE: error estandar

Ninguna de las variables describiendo la calidad de la canal y de la carne fueron afectadas por el nivel de inclusión del Lupino en la dieta ($p > 0.05$). El EGS si bien no presentó diferencias significativas entre tratamientos, tendió a comportarse de forma cuadrática positiva ($P = 0,0681$), siendo el tratamiento 30% el que presentó menor espesor de grasa dorsal. Igualmente, la fuerza de corte, no presentó un efecto significativo de tratamiento, sin embargo, la respuesta se ajustó a un modelo lineal negativo ($p = 0.0408$) disminuyendo en 0,006 kgf por cada punto porcentual de aumento en el nivel de inclusión lupino.

5. DISCUSIÓN.

5.1 CONDICIONES AMBIENTALES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS DIETAS

Durante el periodo en el cual se desarrolló el experimento no se encontraron diferencias en cuanto a la temperatura promedio (20,3°C) y la temperatura promedio histórica (19,4°C), sin embargo, en términos de lluvias el periodo experimental fue más seco con relación al promedio histórico, siendo 219,6 mm y 495 mm, respectivamente.

Un factor a tener en cuenta debido a la época del año, son las altas temperaturas registradas durante el final de periodo experimental, acompañados de la ausencia de sombra en el corral. El valor del índice de temperatura y humedad (ITH), calculado a partir de los registros meteorológicos evidencia que a partir del mes de octubre los animales estuvieron expuestos a estrés calórico, aumentando el ITH de 73 hasta 84 en diciembre. El mismo entra en alerta a partir del valor de ITH de 69, por lo cual esto podría haber ocasionado pérdidas en productividad y calidad de carne como lo indica (Grandin y Giménez-Zapiola, 1998). De este modo, la reducción del consumo en las últimas semanas del tratamiento podría explicarse por las temperaturas típicas de la época y su impacto en el indicador ITH (La Manna et al., 2014).

En lo que refiere a las características químicas de las dietas, al comparar el tratamiento testigo (0% de lupino) con el tratamiento con mayor inclusión de grano de lupino (45%), se puede observar un aumento de las siguientes variables PC: 63%, EE: 79%, FDN: 40%, FDA: 44%;, mientras que el NIDN disminuyó en un 39% y el NIDA un 49% (Cuadro 9). Esto era de esperarse debido a las características de dicho grano, presenta valores de proteína degradable en rumen cercano a 93% (Aguilera et al., 1992). Bajos valores de NIDA evidencian alta digestibilidad de la proteína derivada del lupino, el NIDA disminuyó a medida que aumentó la participación de éste en la dieta.

La sustitución total de sorgo por lupino se tradujo en un aumento del 63% en el aporte de N de alta disponibilidad y digestibilidad, ya que el porcentaje de N ligado a la FDN, más lenta degradación disminuyó un 39 % y el N ligado a la fibra, el cual es indigestible disminuyó un 49%.

El mismo análisis para el efecto de sustituir almidón por fibra de alta calidad y EE, el aporte de energía a partir de los CNF se redujo un 44%, en tanto la FDN incrementó 40% y la contribución de los lípidos 79%.

En lo que refiere al factor de efectividad de la fibra y el porcentaje de fibra detergente neutro efectiva; los valores de FDA obtenidos concuerdan con lo mencionado por Pordomingo et al. (2002), en cuanto a que para sostener una actividad fermentativa adecuada es necesario que los elementos fibrosos aseguren un mínimo de 10% de FDA.

Además del aumento de la FDN, del punto de vista de la FDNfe se registró un incremento de 46% del tratamiento con mayor inclusión de lupino frente al testigo. Según Mertens (2002), los niveles mínimos de FDfe expresados como porcentaje de la MS para ganado de carne alimentado a corral son de un 15%, con un rango aceptable entre 12 y 18%. Sin embargo, en el experimento el menor nivel de FDNfe se registró para el tratamiento testigo y representó un 30%. Por lo tanto, tanto en el testigo como en las restantes dietas evaluadas los niveles de FDNfe estuvieron por encima de lo recomendado para bovinos de carne en feedlot. Estos excedentes de fibra efectiva por encima de los recomendados como lo indica Mertens (2002) limitarían la producción animal por la baja digestibilidad y el bajo aporte de energía con respecto a los granos o concentrados, encareciendo además el sistema. Mertens (1987) reporta un valor óptimo FDNfe de 15%, indicando que se observa una relación lineal negativa entre la GMD y el contenido de FDNfe cuando la misma supera el 15%.

Cuadro 9. Composición química de las raciones experimentales difiriendo en la concentración de grano de lupino en sustitución del grano de sorgo y diferencias porcentuales entre tratamiento 0% y 45%.

Nivel de inclusión de lupino					
Análisis	0%	15%	30%	45%	Dif. %
PC(%)	10.42	12.52	15.75	16.99	+0,63
EE(%)	2.34	3.41	4,03	4.2	+0,79
aFDNmo(%)	31.3	34.72	35.9	43.75	+0,4
FDAmo(%)	14.55	14.41	17.79	21.01	+0,44
LIGas(%)	2.91	2.45	1.78	2.14	-26
NIDN% x6.25	2.87	2.53	2.39	1.75	-39
NIDA% x6.25	0.86	0.61	0.63	0.44	-49
CNF	49.15	42.57	37.11	27.31	-44

PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; aFDNmo: Fibra detergente neutro con alfa amilasa; FDAmo: fibra detergente ácida; LIGas: lignina; NIDN: Nitrógeno indigestible detergente neutro; NIDA: Nitrógeno indigestible detergente ácido; CNE: Carbohidratos no fibrosos; Dif.%: Diferencia porcentual entre tratamiento 0% y 45%.

Observando la caracterización de las diferentes dietas se observa un mayor nivel de PC en el tratamiento 45% sobre el tratamiento testigo ocasionando que la dieta no fuera isoproteica. Estos datos arrojados por el análisis químico eran de esperarse por el simple hecho de sustituir un grano de cereal con 9-10 % de PC frente a un grano que presenta aproximadamente un 35% de PC.

Según Pordomingo et al. (2002), esta categoría requiere un aporte proteico de 12 a 13% de proteína bruta, siendo más exigente en cuanto al aporte energético. Sin embargo, el tratamiento testigo presentó para proteína cruda un valor inferior al reportado por dicho autor.

No obstante, se puede concluir que el nivel de proteína metabolizable (PM) consumido fue suficiente para cumplir con los requerimientos animales, dado que no se observó efecto en el peso vivo final. Si bien, la PM adicional en los restantes tratamientos podría haber disminuido la productividad animal, como consecuencia de un aumento en los requerimientos energéticos, ya que se destinaría energía para eliminar el exceso de amoníaco en el organismo, aumentando la probabilidad de contaminación ambiental por incrementos en la excreción de N (Huntington y Archibeque, 2000). De todos modos, esa posible pérdida de productividad no fue observada.

En lo que refiere al aporte energético, en el tratamiento testigo la energía fue aportada principalmente por el grano de sorgo molido a partir de su almidón. En los demás tratamientos con la inclusión de grano lupino, el aporte energético del almidón fue sustituido por los polisacáridos no almidonosos (NSP) fácilmente fermentables en el rumen. Estos compuestos contienen mayor participación de hemicelulosa en la fibra cruda, generando un patrón de fermentación más lento, dando mayor seguridad en ganado en terminación ya que disminuye el potencial de acidosis (Van Barneveld, 1999).

En cuanto a la proporción de EE, ninguno de los tratamientos superó los niveles recomendados por Zinn (1989), quien establece que los rumiantes tienen una limitada capacidad para metabolizar grasa cuando ésta se incluye en niveles superiores al 6% de la ración, limitando la digestión de otros componentes de la dieta, como la fibra.

5.2 CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD APARENTE *IN VIVO*

La sustitución creciente de grano de sorgo por lupino redujo el consumo de MS y MO de forma lineal, posiblemente producto de los cambios en la concentración de nutrientes de las RTMs y su efecto directo en la digestibilidad de la MS. El incremento de la participación de lupino en la dieta aumentó los niveles de FDN en hasta un 40% con respecto al testigo. Esto podría explicar la disminución del consumo de MS y MO como lo indica Mertens, citado por Paredes et al. (2014), quien afirma que la concentración de la FDN es el factor que regula predominantemente el consumo, ya que afecta el llenado del rumen, el tiempo de pasaje del alimento y la digestibilidad de la materia seca.

Según Van Soest (1994), una de las vías de regulación del consumo es el mecanismo físico, que se rige por el funcionamiento digestivo a través del tránsito de la digesta, dependiendo este mecanismo de regulación del efecto del llenado del retículo- rumen, rumia y actividad ruminal (Mertens, Forbes, citados por Assandri

Ferrara et al., 2010). Por lo que la disminución de los consumos podría relacionarse con el mayor aporte de FDN del grano de lupino a la dieta y su efecto en la regulación de este.

Por otro lado, el decremento de la digestibilidad de la MS y MO seguramente se encuentre asociada al incremento de la FDA producto de la mayor participación del lupino en la dieta. Según Gallardo (2007), la FDA es un indicador del grado de digestibilidad de los forrajes, ya que esta fracción es la parte de la pared celular compuesta por celulosa ligada a lignina, además de compuestos Maillard; sílice; cutina, y otros compuestos indigestibles por rumiantes. De modo tal que al aumentar la proporción de FDA de los alimentos disminuye su digestibilidad. Sin embargo, aunque no de manera significativa, los aportes de lignina disminuyeron. Por lo tanto, no debería ser este componente el principal responsable de la disminución del consumo y digestibilidad del material.

Según Catrileo y Rojas (1995), cuando el valor de energía metabolizable (EM) de la ración es superior a 2,6 Mcal/kg, el consumo de MS se ve regulado por el mecanismo metabólico, a través de la saciedad animal producto de la presencia de metabolitos en sangre. Lo que coincide con los datos 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.

Por otro lado, con el aumento de la inclusión de grano de lupino existe un aumento en el porcentaje de EE% de la misma y decrecimiento de consumo. Sin embargo, Zinn (1989) establece que los rumiantes tienen una limitada capacidad para metabolizar grasa cuando ésta se incluye en niveles superiores al 6% de la ración, limitando la digestión de otros componentes de la dieta, como la fibra. En este trabajo, no se reportan valores mayores a 6% (máximo 4,02%), por lo tanto la concentración de grasa en la dieta no debería ser una limitante para el CMS.

A su vez, las diferencias en consumo podrían explicarse por la presencia de alcaloides en el grano de lupino que limiten el consumo. No obstante, Petterson (2000) asegura que las concentraciones de alcaloides en *L. angustifolius* no serían suficientemente significativas como para ocasionar efectos antinutricionales.

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 proteína microbiana (Pmo) en el rumen.

Un trabajo realizado por Elizalde et al. (1999) sostiene que hubo un aumento en la cantidad de aminoácidos a nivel duodenal cuando se agregaron carbohidratos fermentables a una dieta de alfalfa que contenía grandes cantidades de N rápidamente disponible, además de esto, los valores de amoníaco ruminal disminuyeron. Sin embargo, otro trabajo reportado por Olson et al. (1999) en el cual, agregaron almidón a un heno de baja calidad más una fuente de proteína degradable en rumen, se reportó una disminución de los valores de amoníaco ruminal pero también se redujo la digestión de la fibra y por lo tanto hubo una disminución en el CMS. Esto podría compararse a lo que pasó en el presente experimento en el cual a mayor inclusión del lupino hubo un descenso de los carbohidratos no fibrosos, la digestibilidad de la fibra y de la PNDR, incrementando la proteína efectivamente degradable en rumen, a su vez el CMS se vio afectado negativamente por la inclusión de dicho grano en la dieta. En tanto Huntington y Archibeque (2000), sostienen que los cambios en la absorción del amoníaco de la fermentación ruminal provocan cambios en el uso de EM.

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 a menor tamaño de partícula. Esto coincidió con lo ocurrido en el tratamiento con 0% de inclusión de lupino, determinado mediante el separador de partículas de tres tamices, Penn State.

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 de este. En el experimento, a medida que se incrementó el nivel de lupino en la dieta, la FDN_{fe} fue mayor, lo que explicaría una mayor retención de alimento en rumen. Sin embargo, la inclusión de lupino no tuvo influencia en la actividad de rumia ($P > 0,05$).

En cuanto a la digestibilidad, la información recabada no coincide con los datos presentados por Buryakov et al. (2019), quienes constataron en vacas Holstein, un mayor nivel de digestibilidad de la dieta al sustituir colza y soja por grano de lupino. La dieta con un 18% y 24% de grano de lupino presentó mayor degradabilidad que el tratamiento testigo. No obstante, la dieta con 30% de inclusión de grano de lupino presentó menor degradabilidad que el tratamiento testigo. La inclusión de 18 % y 24 % de grano de lupino en el alimento incrementó la digestibilidad de los nutrientes. Esto coincide con los datos reportados por Martínez y Zanetti (2016), los cuales encontraron una respuesta cuadrática en la digestibilidad al sustituir grano de sorgo molido por DDGS el cual presenta características similares al grano de lupino.

Sin embargo, un estudio realizado por Novac Rossin et al. (2018), determinó que la digestibilidad tanto de la MS como de la MO no varió al modificar los niveles de sustitución de grano de sorgo molido por DDGS en el engorde de novillos a corral.

Por lo tanto, las caídas observadas en CMS y digestibilidad *in vivo* de la MS, resultado del aumento de la participación del lupino en la dieta, podrían explicarse principalmente por el aumento de la fracción FDN y FDA en la materia seca. Así lo indican Fahey y Berger (1988), quienes aseguran que una alta concentración de FDA se asocia con una baja digestibilidad ruminal, mientras que una alta concentración de FDN se asocia con un menor consumo de alimento, lo cual coincide con lo presentado. Como resultado, el incremento en el nivel de inclusión de grano de lupino aumentó la concentración de FDN, pero por sobre todo la proporción de FDA dentro de la fracción FDN, reflejándose en una menor digestibilidad y consumo de alimento. Como resultado de la evolución del CMS y de la DMS, es de esperarse que el consumo de MS digestible (CMSD) descienda de igual forma (Cuadro N°9).

5.3. GANANCIA DIARIA Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

Respecto a la ganancia media diaria de los animales, se observó que para el tratamiento testigo, esta fue de 1,95 kg/animal/día, superior a la reportada por Martínez y Zanetti (2016), quienes indican para novillos alimentados *ad libitum* con una dieta similar, sin fibra larga (65% de grano molido de sorgo y 8% de cáscara de arroz en la dieta) una GMD de 1,5 kg/animal/día. Tampoco coincide con los datos presentados por Pordomingo et al. (2002), quienes determinaron para novillos a corral alimentados con dieta a base de grano entero de maíz y sin fibra larga, ganancias medias diarias de 1,42 kg/animal/día.

Contrariamente a lo hipotetizado, la respuesta de la ganancia media diaria, no se ajustó ni a un modelo lineal ni cuadrático; por lo tanto, no podría asegurarse que exista un nivel óptimo de sustitución de grano de sorgo por grano de lupino que maximice las ganancias.

Dada la disminución del CMS y DMS obtenida frente al incremento de la participación del lupino, también disminuyó el CMSD como se demuestra en el cuadro N° 9. Frente a este escenario se observó un efecto significativo sobre la ganancia media diaria ($P < 0,05$) producto de un menor consumo de materia seca digestible, disminuyendo de 1,95 a 1,86 kg/día.

Parte de las menores GMD podrían estar explicadas por el aumento de los costos de mantenimiento producto de la excreción de urea, a causa de los altos niveles de PC degradable en rumen y los bajos niveles de carbohidratos rápidamente fermentables.

Sin embargo, al comparar los datos reportados por q, en su experimento con novillos en finalización con dietas a base de cebada y canola, con niveles crecientes de DDGS (0%, 12%, 24%, 36%), un alimento con características nutritivas similares a las del lupino (Van Barneveld, 1999; Klopfenstein et al., 2008), encontraron una respuesta lineal positiva ($P \leq 0.01$) para GMD a medida que aumentó la participación de DDGS en el total de la dieta.

Por otro lado, Cabrera et al. (2021), en su ensayo sobre terneros recriados a corral con niveles de sustitución crecientes de DDGS por grano de lupino reportan una respuesta en forma cuadrática ($R^2=0,99$) con un valor máximo de GMD de 1,57 kg/día correspondiente a un 66% de inclusión de lupino.

La eficiencia de conversión no difirió estadísticamente entre tratamientos. Analizando la sustitución total de sorgo por lupino, similares valores de EC (6.58 y 6.59) son el resultado de una caída en el CMS de un 8% y 4.6% en la GMD. Proporcionalmente la disminución del CMS fue mayor que la caída de la GMD, sin embargo, no se generaron diferencias en la EC, esto posiblemente producto de las diferencias de EM de 3.18 vs 3.44 Mcal/kg entre el grano de sorgo y lupino respectivamente.

Los valores de EC obtenidos concuerdan con los reportados en otros trabajos experimentales. Ragni et al. (2018) en su trabajo realizado sobre engorde de vaquillonas Charolais evaluando tres dietas isoproteicas e isoenergéticas con, 14% de poroto de soja, 28% Vicia faba y 20% Lupinus albus cv. Multitalia (en base seca) reporta valores de eficiencia de conversión de 6.71, 7.17 y 7.15 para habas, soja y lupino respectivamente.

. El aumento en el nivel de inclusión de grano de lupino redujo el CMS y el CMSD, lo cual se vio reflejado en una menor GMD, esto llevó a que no se observaron diferencias en la EC entre tratamientos. Lo cual podría indicar que tanto el CMS como la GMD variaron en igual proporción. Sin embargo, no fue así ya que la disminución de la GMD fue de 4,6% frente a un 8% de la disminución del CMS. Por lo tanto, esto podría explicarse por el mayor contenido de energía bruta (EB) del grano de lupino frente al grano de sorgo, como lo indican las tablas de Lupin, blue (2017-2021), Sorghum (2017-2021) informando valores de 4,8 y 4,4 Mcal/kg de MS respectivamente. Asociado a un 5,9% de EE del lupino frente a un 3,3 % para el grano de sorgo.

El suministro de granos provoca una disminución del pH ruminal, lo cual trae aparejado una disminución de bacterias celulolíticas, aumentan las bacterias amilolíticas y la relación propiónico/acético de los AGV. La magnitud de las pérdidas que ocurren mediante el proceso digestivo y metabólico determinan la eficiencia de conversión de la energía contenida en los alimentos (Ustarroz y De Leon., 2004). En el presente trabajo, se encontró una respuesta cuadrática para las variables DMS y DMO conforme aumentó la inclusión de grano de lupino en la dieta asociado al aumento de fibra en la misma. Es esperable que la relación entre la proporción de AGV se modifique, resultando en valor menor de propiónico/acético (Dixon y Hosking, 1992). Como la vía de fermentación del ácido propiónico es más eficiente, fundamentalmente por producir menores pérdidas como metano respecto a la del ácido acético, hay un mayor saldo de energía para el animal (Ustarroz y De Leon, 2004). En este trabajo experimental, es probable que el aporte energético de la dieta haya disminuido conforme aumenta la inclusión de lupino en la dieta. Esto se debe al menor CMS producto de menor DMS y una mayor pérdida en gases en la fermentación de AGV, en la medida que aumentó el grano de lupino en la dieta.

En cuanto a los productos que se obtienen luego de la digestión, en un trabajo realizado en vacas lecheras, sustituyendo lupino extruido por soja, se encontró que la cantidad de AGV fue menor ($P < 0,05$) cuando se utilizó lupino en la dieta en comparación al testigo (Kudlinskienė et al., 2016). Sin embargo, Hodge et al., citados por Dixon y Hosking (1992), no encontraron diferencias en la proporción de AGV en ovejas cuando se utilizó dietas a base de granos de cebada y granos de lupino.

En el trabajo experimental no se observaron diferencias significativas en la EC, lo cual permitiría concluir que al igual que los datos presentados por Hodge et al., citados por Dixon y Hosking (1992) no hubo una modificación en la proporción de AGV más allá de alto nivel de fibra en la dieta.

5.4. COMPORTAMIENTO INGESTIVO Y PATRÓN DE CONSUMO.

En lo que respecta al comportamiento animal, los animales del tratamiento testigo, presentaron mayor probabilidad ($p < 0,05$) de ser encontrados consumiendo en comparación a los demás tratamientos lo cual parecería ser consistente con el mayor CMS observado en este tratamiento y evidenciaría cierta similitud en la tasa de consumo de alimento. Otros autores sustituyendo grano de sorgo por granos de destilería, (Novac Rossin et al., 2018) también reportan una mayor probabilidad de encontrar consumiendo a los animales cuando su dieta no contenía DDGS. Sin embargo, contrasta con lo expuesto por Martínez y Zanetti (2016), quienes vieron mayor ($p = 0,0018$) probabilidad de encontrar consumiendo a los animales que tenían distintos niveles de DDGS es su ración en comparación al testigo.

Baile y Della-Fera (1984), establecieron que el ganado trata de consumir a un nivel constante de energía. Esta información concuerda con los datos observados por Lodge et al. (1997), quienes compararon distintos subproductos de destilería con grano de maíz, determinando que el CMS aumentó ligeramente en el tratamiento con DDGS de sorgo, ya que éste contenía sólo el 80% del valor energético del maíz. Según Van Barneveld (1999), el grano de lupino aporta grandes cantidades de energía a partir de la fermentación de polisacáridos no almidonosos que conforman la pared celular de dichos granos. Lo cual podría explicar la menor probabilidad de encontrar a los animales consumiendo en comparación al tratamiento testigo, dada la mayor proporción de fibra efectiva en la dieta a medida que aumentó la inclusión de grano de lupino en la RTMs.

A su vez, se encontró que en los animales que presentaron mayor consumo (tratamiento 0% inclusión de lupino), hubo una menor probabilidad de encontrarlos descansando ($p < 0,05$). Según Stricklin et al. (1979), el tiempo dedicado al consumo no afecta la performance animal, esto coincide con lo visto en este ensayo, debido a que la GMD del tratamiento 0% lupino no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con los restantes tratamientos, excepto con el 30%, pero no se vería explicado por un mayor tiempo de consumo.

Un aspecto a mencionar sobre la distribución del consumo es que durante la fase experimental se pudo observar que la acción de ofrecer el alimento en los comederos estimulaba a consumir la ración ofrecida en ese momento. Esto provocaba mayor actividad de consumo posteriormente a dicha entrega, por lo tanto, la distribución del consumo más hacia final del día (figura 4), podría estar relacionado con el suministro de ración en el segundo turno (vespertino). Esto concuerda con lo

reportado por Ayçaguer et al. (2011), quienes afirman que la mayor actividad de consumo coincide con los horarios de entrega del alimento

5.5 CALIDAD DE CANAL Y CARNE

El grado de terminación afecta las características de calidad de carcasa (Block et al., 2001). Tanto la concentración de energía de la dieta como la cantidad de energía consumida son determinantes de parámetros como peso de res, marmoleado y grasa subcutánea; mientras que otros como el color de la grasa y del músculo, sabor y aroma, son influenciados por el tipo de dieta consumida (Elizalde et al., 1999).

La calidad de canal es determinada por el peso de canal, rendimiento, porcentaje de músculo y conformación (Elizalde, 2003). El rendimiento varía en función de dos características principales: el contenido de grasa de la carcasa y el peso de las vísceras, principalmente del tracto digestivo y su contenido (Van Koeveering et al., 1995, Di Marco, 2004). Estudios realizados por Oddy, citado por Harper y Pethick (2004) mostraron que la energía requerida para incrementar el marbling es menor en dietas bajas en proteína, lo que sugeriría que un desbalance en el suministro de aminoácidos relativo a la energía ofrecida podría estar asociados con cambios en el contenido de grasa en la carcasa. Con el aumento en la inclusión de lupino podría esperarse un menor engrasamiento, sin embargo, debido al aporte energético de dicho grano esta variable no presentó diferencias.

Los datos obtenidos indicaron que para las variables peso de faena y peso de canal, no se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los distintos tratamientos, esto coincide con lo expuesto por Ragni et al. (2018) quien encontró similares pesos de faena cuando los animales durante confinamiento consumían grano de lupino en sus dietas y cuando no lo hacían. Los trabajos realizados por Novac Rossin et al. (2018) y Martínez y Zanetti (2016), tampoco encontraron efecto de tratamientos para dichos parámetros, debidos a la sustitución del almidón por fibra de alta calidad en la dieta, en este caso evaluando el uso DDGS de sorgo como fuente energética en engorde de novillos durante confinamiento.

Por otra parte, la respuesta observada en el peso de faena y peso de canal, no fue consistente con la performance a corral, dado que la variable GMD presentó un menor valor al incluir 30% de grano de lupino en la RTM respecto a los restantes tratamientos. Era de esperar un menor peso de faena y peso de canal en dicho tratamiento.

Al igual que con los datos reportados en este ensayo, la inclusión de grano de lupino en la dieta del cordero Awassi no afectó el componente peso de canal (Obeidat, 2021).

El rendimiento en planta, expresado como porcentaje, no tuvo efecto de tratamientos, esto concuerda con varios trabajos (Martínez y Zanetti, 2016, Novac Rossin et al., 2018, Ragni et al., 2018).

A diferencia de los datos reportados en el presente trabajo, White et al. (2002), comparando en ovejas merino el efecto de una dieta con *Lathyrus cicera* y *Lupinus angustifolius*, en la cual se varió el nivel de inclusión de grano en 35% y 70%, encontró diferencias significativas tanto para *Lupinus angustifolius* como para *Lathyrus cicera* en características de canal, peso de canal y porcentaje de rendimiento, siendo mayor ambas características a mayor nivel de inclusión de grano, lo cual no coincide con los datos reportados en el experimento realizado.

Los resultados de los parámetros pH, espesor de grasa subcutánea y color de grasa y carne (medido como L, a y b) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Esto concuerda con lo expuesto por Martínez y Zanetti (2016), que tampoco encontraron diferencias significativas para los parámetros nombrados anteriormente. Novac Rossin et al. (2018), obtuvo los mismos resultados con excepción del espesor de grasa subcutánea que no encontraron diferencias para los distintos tratamientos, pero este si se ajustó a un modelo lineal. Según Ragni et al. (2018), los valores de pH oscilaron entre 5.51 y 5.54, estos fueron similares a los reportados en este experimento. Además, el mismo autor señala que no hallaron efecto sobre las características de color de carne cuando se usó lupino en la dieta sustituyendo otras fuentes proteicas.

Al igual que estos, White et al. (2002), al analizar las características de carne, no encontró diferencias significativas entre los tratamientos al variar la inclusión de grano de lupino en la dieta en ovejas merino, presentando dichos tratamientos igual pH y color de carne.

La variable fuerza de corte no presentó diferencias significativas para los distintos tratamientos ($p=0.0627$), coincide con los resultados de Ragni et al. (2018). Sin embargo, a pesar de no mostrar diferencias entre los tratamientos, se ajustó a un modelo lineal negativo ($p=0.0408$), al igual que lo expuesto por Novac Rossin et al.

(2018), demostrando un pequeño mejoramiento en la terneza de la carne con el aumento de lupino en la dieta.

5.6 DISCUSIÓN GENERAL E IMPLICANCIAS PRÁCTICAS.

La inclusión de lupino sí afectó negativamente la digestibilidad de la dieta, tanto de la MS como de la MO. Sin embargo, estos descensos en la digestibilidad no se vieron reflejados en las GMD ni tampoco en la EC de los animales estudiados. Se observó una pequeña tendencia a disminuir la GMD por la incorporación de lupino. Por lo tanto, esta menor DMS podría estar compensada por un mayor contenido de energía bruta (EB). Según las tablas de Lupin, blue (2017-2021), Sorghum (2017-2021) la EB del lupino es un 8% más, asociado a un 5,9% de EE, resultando en una diferencia de EM de 3.44 vs 3.18 Mcal/kg respectivamente. Además de ser la digestibilidad de la energía del lupino un 3,5 mayor que la del grano de sorgo.

El incremento de lupino en la dieta no afecta los pesos de la canal, rendimiento, pH, EGS, color de la carne y grasa, ni tampoco el grado de grasa intramuscular. Sin embargo, a pesar de no mostrar diferencias significativas entre tratamiento si se observó una tendencia a la disminución lineal de la fuerza de corte con los niveles crecientes de sustitución de lupino por grano de sorgo.

Las dietas utilizadas en esta categoría animal bajo las circunstancias de terminación a corral contienen bajo porcentaje de proteína, esto es debido a los requerimientos que dicha categoría presenta. En este trabajo, la inclusión de grano de lupino aumentó los valores de PC, sin embargo, se vio disminuida la PNDR. Esto trae como consecuencia un aumento de la excreción de N, lo cual podría implicar mayor costo de energía de mantenimiento animal. Por otro lado, desde el punto de vista ambiental puede llegar a impactar negativamente dado que altas concentraciones de N, mediante infiltración, arrastre o lixiviación, podrían llegar a contaminar suelos, aguas superficiales y profundas.

La inclusión de este grano como fuente energética, se inserta como una nueva alternativa para la elaboración de RTMs para novillos en terminación, pudiendo utilizarse dependiendo de la circunstancia de precio y disponibilidad del mercado de granos, con el fin de lograr dietas de bajo costo sin menoscabar las performances animales.

En función de las eficiencias de conversión obtenidas, la composición de ingredientes de las raciones experimentales, y tomando como valor de referencia los precios actuales, tanto de sorgo como de lupino, se evaluó el impacto del uso de niveles creciente de inclusión de lupino en sustitución de grano de sorgo sobre el costo por kg de carne producido. En el cuadro 10 se resume la información.

Se tomó como precios de referencia del grano de sorgo un valor 0,28 usd/kg.¹ Para el lupino, por ser a nivel nacional un grano nuevo, sin valor en el mercado de los granos, y con usos alternativos diferentes a la nutrición animal poco marcados a diferencia de otras leguminosas como la soja, se estimó el mismo en base a los costos de producción por hectárea y los rendimientos promedios nacional para estimar el precio de la tonelada. Costo de producción: 600 usd/ha; renta: 150 usd/ha; rendimiento promedio: 2000 kg/ha; precio por kg: 0.34.²

Cuadro 10. Implicancias económicas de la sustitución de sorgo por lupino.

Alimento	Lup. 0%	Lup. 15%	Lup. 30%	Lup. 45%
Eficiencia de conversión	6.58	6.75	7.21	6.59
Kg sorgo utilizados/kg carne	2.97	2.03	1.08	0.0
Kg lupino utilizados /kg carne	0.0	1.01	2.17	2.97
Costo kg sorgo	0.28	0.28	0.28	0.28
Costo kg lupino	0.34	0.34	0.34	0.34
Costo/kg carne producido	0.83	0.91	1.04	1.01

Observación: en el cuadro solamente se contemplan las diferencias de cantidad y precios de ambos granos, ya que la composición restante de la dieta es la misma.

En función del análisis realizado y para los costos que se tuvieron en cuenta, el hecho de sustituir grano de sorgo por lupino como se realizó en el experimento en un porcentaje en base seca del 45% encarece el kg de carne producido en hasta un 22%

¹ Alejandro Hounie. 2022. Com. personal.

² Juan Pablo Viera. 2022. Com. personal.

en comparación al testigo sin lupino, ajustando de este modo los márgenes del negocio. Vale aclarar que frente a una relación de precios diferentes los resultados obviamente serían otros. Incluso, una mejora de los rendimientos del cultivo de lupino, explotando aún más el potencial de esta leguminosa que recién actualmente se está investigando a nivel nacional, podría amortizar los costos de producción en mayor rendimiento en grano, abaratando la ecuación.

6. CONCLUSIONES

En el engorde de novillos a corral, alimentados en base a dietas altamente concentradas y ofrecidas *ad libitum*, es viable la inclusión de grano de lupino (*Lupinus angustifolius*) en sustitución del grano de sorgo en un rango 0% a 45% en base seca. La inclusión de lupino afectó la digestibilidad de la dieta (DMS y DMO), estas variables se ajustaron a un modelo lineal negativo ($P < 0,05$). Esto genera menor CMS, expresado en kg/día o en % PV, disminuyendo a medida que aumenta la inclusión de lupino en la dieta. La GMD tuvo una pequeña tendencia a disminuir a medida que se fue sustituyendo el sorgo, por lo tanto, esto no generó diferencias en la EC ($P > 0,05$).

El incremento de lupino en la dieta no afecta los pesos de la canal, rendimiento, pH, EGS, color de la carne y grasa, ni tampoco el grado de grasa intramuscular ($P > 0,05$). Sin embargo, a pesar de no mostrar diferencias significativas entre tratamiento si se observó una tendencia a la disminución lineal ($P = 0,0408$) de la fuerza de corte con los niveles crecientes de sustitución de lupino.

7. RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del nivel de sustitución de grano de sorgo por grano de lupino en la dieta sobre la performance a corral y a la faena de novillos en fase de terminación. Los niveles de inclusión de lupino evaluados fueron de 0, 15, 30 y 45% de la dieta en base seca. Dicho trabajo, fue realizado en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), Facultad de Agronomía, ubicada en el departamento de Paysandú en el km 363 de la Ruta 3. El mismo tuvo una duración de 106 días, iniciando el período de encierro de los animales el 19/8/2021, finalizando el 3/12/2021 con la faena de estos. Fueron utilizados 48 novillos Hereford, nacidos en primavera del año 2019, provenientes del rodeo experimental de la EEMAC, los cuales fueron bloqueados al inicio de la fase experimental por peso vivo en tres bloques (livianos, $361,6 \pm 15.6$ kg; medios, 392.1 ± 6.9 kg; y pesados, 416.5 ± 6.3). Las variables de performance a corral sobre las que se trabajó fueron ganancia de peso, consumo de materia seca, eficiencia de conversión, altura del anca, comportamiento ingestivo, patrón de consumo, digestibilidad y aporte de fibra físicamente efectiva. Por otra parte, en el frigorífico se evaluaron variables relacionadas a calidad de canal y carne, como peso a faena, peso de canal caliente, rendimiento, pH, espesor de grasa subcutánea, color de músculo, color de grasa, marbling y fuerza de corte. El consumo de materia seca disminuyó linealmente ($P=0,0082$) con el aumento de lupino en la dieta, hubo diferencias en GMD, siendo esta menor en el tratamiento con 30% de inclusión de lupino. En cuanto a la eficiencia de conversión, no se observaron diferencias significativas a nivel experimental ($p=0,7911$). La DMS y DMO disminuyeron con la inclusión de lupino en la dieta, estas variables se ajustaron a un modelo cuadrático ($P=0.0095$) ($P=0.0074$), presentando un valor mínimo cuando la inclusión de lupino fue de 31,18% y 30,65% respectivamente. El aporte de fibra físicamente efectiva aumentó linealmente ($P<0,0001$), a medida que aumentó el grado de sustitución de lupino por sorgo. Durante el comportamiento, se observó que la actividad de consumo presentó diferencias significativas ($p=0,0018$) entre el tratamiento testigo y los tratamientos con inclusión de lupino, presentando una menor actividad de consumo por parte de los animales alimentados con lupino. Esto explica por qué los animales del tratamiento de 0% son los que presentan menor actividad de descanso con respecto a los demás tratamientos ($p<0,05$). Las actividades de rumia y consumo de agua no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,8077$ y $p>0.05$ respectivamente). En las características que hacen a la calidad de canal no hubo diferencias entre tratamientos, en características de calidad de carne la fuerza de corte, se ajustó a un modelo lineal ($P=0,0408$), la inclusión de lupino favoreció la terneza. El EGS si bien no presentó diferencias significativas entre tratamientos, tendió a comportarse de forma cuadrática positiva ($P=0,0681$), siendo el tratamiento 30% quien presentó menor espesor de grasa dorsal. A partir de este experimento, se puede deducir que el grano de lupino se presenta como una gran alternativa para sustituir fuentes energéticas, en este caso grano de sorgo, presentando similar performance productiva sin afectar las características de canal y carne.

Palabras clave: grano de lupino; novillos; confinamiento; terminación

8. SUMMARY

The objective of this work is to evaluate the effect of the substitution level of sorghum grain for lupine grain in the diet on the performance at the corral and at the slaughter of steers in the finishing phase. The lupine inclusion levels evaluated were 0, 15, 30 and 45% of the diet. This work was carried out in the Intensive Meat Production Unit (UPIC) of the Experimental Station "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC), University of Agronomy, located in the department of Paysandú at km 363 of Route 3. It lasted 106 days, beginning the period of confinement of the animals on 8/19/2021, ending on 12/3/2021 with their slaughter. Forty-eight Hereford steers were used, born in the spring of 2019, from the EEMAC experimental herd, which were blocked at the beginning of the experimental phase by live weight in three blocks (light, 361.6 ± 15.6 kg; medium, 392.1 ± 6.9 kg, and heavy, 416.5 ± 6.3). The corral performance variables that were worked on were; weight gain, dry matter intake, conversion efficiency, rump height, ingesting behavior, intake pattern, digestibility and physically effective fiber intake. On the other hand, in the slaughterhouse, variables related to carcass and meat quality were evaluated, such as slaughter weight, hot carcass weight, yield, pH, thickness of subcutaneous fat, muscle color, fat color, marbling and strength of meat. The dry matter intake ended linearly ($P=0.0082$) with the increase of lupine in the diet, there were differences in GMD, this being lower in the treatment with 30% inclusion of lupine. Regarding the conversion efficiency, no observed significant differences were observed at the experimental level ($p=0.7911$). The DMS and DMO decreased when lupin was included in the diet; these variables were adjusted to a quadratic model ($P=0.0095$) ($P=0.0074$), presenting a minimum value when the inclusion of lupin was 31.18% and 30,65% respectively. The $ef\%$ NDF was adjusted to a linear model ($P<0.0001$), increasing its value as the inclusion of lupine in the diet increased. During the behavior, it was observed that the intake activity presented significant differences ($p=0.0018$) between the control treatment and the treatments with lupine inclusion, presenting a lower intake activity by the animals fed with lupine. This explains why the animals in the 0% treatment are the ones that present less resting activity with respect to the other treatments ($p<0.05$). Rumination activities and water intake did not present significant differences between treatments ($p=0.8077$ and $p>0.05$, respectively). In the characteristics that make carcass quality there were no differences between treatments, in meat quality characteristics, the cutting force was adjusted to a linear model ($P=0.0408$), the inclusion of lupine favored tenderness. Although the EGS did not present significant differences between treatments, it tended to behave in a positive quadratic way ($P=0.0681$), with the 30% treatment presenting less dorsal fat thickness. From this experiment, it can be deduced that lupine grain is presented as a great alternative to replace energy sources, in this case sorghum grain, presenting similar productive performance without affecting carcass and meat characteristics.

Keywords: lupine grain; steer; feedlot; finishing

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilera, J. F.; Bustos, M.; Molina, E. 1992. The degradability of legume seed meals in the rumen: effect of heat treatment. (en línea). *Animal Feed Science and Technology*. 36(1-2): 101 - 112. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90090-S](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90090-S)
2. Al-Suwaiegh, S.; Fanning, K. C.; Grant, R. J.; Milton, C. T.; Klopfenstein, T. J. 2002. Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum or corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science*. 80(4): 1105 - 1111.
3. Anderson, V. L.; Schoonmaker, J. P. 2011. Effect of rumen-degradable and undegradable protein sources in barley-based growing and finishing diets. NDSU Beef Feedlot Research Report. 28: 16 - 22.
4. Araújo, O.; Vergara, J. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. (en línea). *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 15(supl. 1): 133 - 139. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?la07044>
5. Assandri Ferrara, L.; Cabrera Laveglia, A.; González Cabrera, A. 2010. Consumo, digestibilidad y balance de nitrógeno en ovinos alimentados con forraje templado y suplementados o no con diferentes niveles de grano de sorgo. Tesis Dr. Ciencias Veterinarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 41 p.
6. 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.
7. Baile, C. A.; Della-Fera, M. A. 1984. Peptidergic control of food intake in food producing animals. *Federation Proceedings*. 43(14): 2898 - 2902.
8. Beretta, V.; Simeone, A.; Bergos, I.; Errandonea, J.; Garcia Pintos, J.; Burjel, M. V.; Casanova, D.; Zabalveytia, N. 2019. Uso de DDGS y Lupino en la recría de terneros pastoreando verdeos de invierno ¿mejores o peores suplementos que el grano de sorgo? *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (21^a, 2019, Paysandú, UY)*. Memorias. Paysandú, UPIC. pp. 44 - 53.

9. _____.; _____.; Zabalveytia, N.; Burjel, M. V.; Acland, M.; Blanco, W.; Soca, D.; Victorica, M. 2021. Suplementación con Lupino en la recría de terneros pastoreando raigrás Bill Max. *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (21^a., 2019, Paysandú, UY). Memorias. Paysandú, UPIC. pp. 34 - 39.
10. Biesek, J.; Kuźniacka, J.; Banaszak, M.; Maiorano, G.; Grabowicz, M.; Adamski, M. 2020. The effect of various protein sources in goose diets on meat quality, fatty acid composition, and cholesterol and collagen content in breast muscles. *Poultry Science*. 99(11): 6278 - 6286.
11. Block, H. C.; Mackinnon, J. J.; Mustafa, A. D.; Christensen, D. A. 2001. Manipulation of cattle growth to target carcass quality. *Journal of Animal Science*. 79(1): 133 - 140.
12. Brand, T. S.; Jordaan, L. 2020. Effect of extrusion on the rumen undegradable protein fraction of lupins. (en línea). *South African Journal of Animal Science*. 50(6): 779 - 785. Consultado 4 dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.4314/sajas.v50i6.2>
13. Buryakov, N.; Buryakova, M.; Prokhorov, E.; Aleshin, D. 2019. Efficiency of white lupin grain in composition of feed for dairy cattle. (en línea). *In*: International Scientific Conference (18th., 2019, Jelgava, LV). Engineering for Rural Development. Jelgava, Latvia University of Life Sciences and Technologies. pp. 407 - 412. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/333495761_Efficiency_of_white_lupin_grain_in_composition_of_feed_for_dairy_cattle
14. Cabrera, F.; Echeverría, F.; Jorajuria, R. 2021 Efecto de diferentes niveles de inclusión de semilla de lupino en la recría a corral de terneros. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 62 p.
15. Catrileo, A.; Rojas, C. 1995. Uso del lupino en producción animal. (en línea). *Tierra Adentro*. 4: 48 - 49. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68752/NR18329.pdf?sequence=15&isAllowed=y>
16. Crempien, C. 1993. Efecto de la suplementación con grano de lupino en ovejas a pastoreo en rastrojos de trigo. (en línea). *Agricultura Técnica*. 53(4): 310 - 314. Consultado 8 abr. 2022. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/35257/NR16484.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

17. _____; Badilla, C. 1994. Efecto de la suplementación con lupino en ovejas alimentadas con paja de trigo o falaris senescente. (en línea). Agricultura técnica. 54(2): 141 - 146. Consultado 6 dic 2022. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/38004/NR16720.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
18. Di Marco, O. N. 2004. Fisiología de crecimiento de vacunos. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 20 may. 2020. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/16-fisiologia_del_crecimiento.pdf
19. Dinius, D. A.; Baumgardt, B. R. 1970. Regulation of food intake in ruminants. Influence of caloric density of pelleted rations. Journal of Dairy Science. 53(3): 311 - 316.
20. Dixon, R. M.; Hosking, B. J. 1992. Nutritional value of grain legumes for ruminants. (en línea). Nutrition Research Reviews. 5(1): 19 - 43. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1079/NRR19920005>
21. Edwards, A. C.; Van Barneveld, R. J. 1998. Lupins for livestock and fish. In: Gladstones, J. S.; Atkins, C.; Hamblin, J. eds. Lupins as crop plants: Biology, production and utilization. Wallingford, CAB International. pp. 385 - 410.
22. Elizalde, J. C.; Merchen, N. R.; Faulkner, D. B. 1999. Supplemental cracked corn for steers fed fresh alfalfa: Protein and amino acid digestion. (en línea). Journal of animal science. 77(2): 467 - 475. Consultado dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2527/1999.772467x>
23. _____. 2003. Alternativas de manejo para el engorde de vacunos en sistemas pastoriles. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (31^a, 2003, Paysandú, UY). Memorias. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 44 - 45.
24. Ephrem, N.; Tegegne, F.; Mekuriawa, Y.; Yeheyis, L. 2015. Nutrient intake, digestibility and growth performance of Washera lambs supplemented with graded levels of sweet blue lupin (*Lupinus angustifolius* L.) seed. Small Ruminant Research. 130: 101 - 107.
25. Facciolongo, A. M.; Rubino, G.; Zarrilli, A.; Vicenti, A.; Toteda, F. 2014. Alternative protein sources in lamb feeding: 1. Effects on productive performances, carcass characteristics and energy and protein metabolism. (en línea). Journal of Nutrition and Internal Medicine. 16(2): 105 - 115. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en

<https://mattioli1885journals.com/index.php/progressinnutrition/article/view/3602>

26. Fagro. EEMAC. (Facultad de Agronomía. Estación Experimental Mario A. Cassinoni, UY). 2022. Monthly climatological summary for nov. 2022. (en línea). Paysandú. s.p. Consultado 14 oct. 2022. Disponible en <http://164.73.57.2/~estmet/NOAAPRMO.TXT>
27. Fahey, G. C.; Berger, L. L. 1988. Carbohydrate nutrition of ruminants. *In*: Church, D. C. ed. The ruminant animal, digestive physiology and nutrition. Englewood, Prentice Hall. pp. 269 - 297.
28. Fychan, A.; Marley, C.; Lewis, G.; Davies, R.; Theobald, V.; Raymond, J.; Abberton, M. 2008. Effects of feeding concentrate diets containing narrow leafed lupin, yellow lupin or soya when compared with a control diet on the productivity of finishing lambs. *In*: International Lupin Conference (12th., 2008, Fremantle, AU). Lupins for Health and Wealth. Freemantle, International Lupin Association. pp. 127 - 130.
29. Gallardo, M. 2007. El valor de los alimentos. (en línea). Rafaela, INTA. s.p. Consultado 28 nov. 2022. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/nutricion/nutricion_valordealimentos.htm
30. González, L. A.; Manteca, X.; Calsamiglia, S.; Schwarzkopf-Genswein, K. S.; Ferret, A. 2012. Ruminant acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior. *Animal Feed Science and Technology*. 172(1-2): 66 - 79.
31. Grandin, T.; Giménez-Zapiola, M. trad. 1998. La reducción del estrés del manejo mejora la productividad y el bienestar animal. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 18 may. 2022. Disponible en <http://www.grandin.com/spanish/reduccion.estres.manejo.html>
32. Halmemies-Beauchet-Filleau, A.; Rinne, M.; Lamminen, M.; Mapato, C.; Ampapon, T.; Wanapat, M.; Vanhatalo, A. 2018. Alternative and novel feeds for ruminants: Nutritive value, product quality and environmental aspects. *Animal: An international journal of animal bioscience*. 12(suppl. 2): 295 - 309.
33. Harper, A. C.; Pethick, D. W. 2004. How might marbling begin? (en línea). *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 44(7): 653 - 662. Consultado dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1071/EA02114>
34. Huber, T. L. 1976. Physiological effects of acidosis on feedlot cattle. (en línea). *Journal of Animal Science*. 43(4): 902 - 909. Consultado dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2527/jas1976.434902x>

35. Huntington, G. B.; Archibeque, S. L. 2000. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. *Journal of Animal Science*. 77: 1 - 11.
36. INUMET. (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2021. Tablas estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 10 set. 2022. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
37. Jahn, E.; Cortés, K.; Bórquez, F.; Venegas, P.; González, C. 1999. Degradación ruminal in situ del grano de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*) y lupino dulce (*Lupinus albus*) con el uso de diferentes métodos de procesamiento. (en línea). *Agricultura Técnica*. 59(2): 96 - 106. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14001/39643>
38. Jaramillo-López, E. J.; Itza-Ortiz, M. F.; Peraza-Mercado, G.; Carrera-Chavez, J. M. 2017. Ruminant acidosis: Strategies for its control. (en línea). *Australian Journal of Veterinary Science*. 49(3): 139 - 148. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-81322017000300139>
39. Klopfenstein, T. J.; Erickson, G. E.; Bremer, V. R. 2008. Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Science*. 86(5): 1223 - 1231.
40. Krause, K. M.; Oetzel, G. R. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 126(3-4): 215 - 236.
41. Kudlinskienė, I.; Gruzauskas, R.; Stankevicius, R.; Stanyte, G.; Klementavičiūtė, J.; Dovidaitienė, G.; Černauskienė, J.; Miežlienė, A.; Alenčikienė, G. 2016. Effects of extruded peas (*pisum sativum*) on dairy cows' performance, milk composition and sensory properties. (en línea). *Veterinarija ir zootechnika*. 73(95): 54 - 61. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <https://vetzoo.lsmuni.lt/data/vols/2016/73/pdf/kudlinskiene.pdf>
42. La Manna, A.; Román, L.; Bravo, R.; Aguilar, I. 2014. Estrés térmico en vacas lecheras: con sombra y bienestar las vacas producen más. *La Lechera*. 3(9): 36 - 41.
43. Latimer, G. ed. 2012. Official methods of analysis of AOAC International. 19th ed. Gaithersburg, AOAC. 2 v.
44. Ledward, D. A. 1985. Post-slaughter influences on the formation of metmyoglobin in beef muscles. *Meat Science*. 15(3): 149 - 171.

45. Lestingi, A.; Facciolongo, A. M.; Jambrenghi, A. C.; Ragni, M.; Toteda, F. 2016. The use of peas and sweet lupin seeds alone or in association for fattening lambs: Effects on performance, blood parameters and meat quality. *Small Ruminant Research*. 143: 15 - 23.
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 Science*. 75(1): 37 - 43.
47. Luebke, M. K.; Patterson, J. M.; Jenkins, K. H.; Buttrey, E. K.; Davis, T. C.; Clark, B. E.; McCollum, F. T.; Cole, N. A.; MacDonald, J. C. 2012. Wet distillers grains plus solubles concentration in steam-flaked-corn-based diets: Effects on feedlot cattle performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and ruminal fermentation characteristics. *Journal of Animal Science*. 90(5): 1589 - 1602.
48. Lupin, blue. 2017-2021. (en línea). INRAE, s.l. s.p. Consultado 28 nov. 2022. Disponible en <https://www.feedtables.com/content/lupin-blue>
49. Lyonnet, J. 2022. Vuelve a caer la faena al eje de 45 mil vacunos: El 2022 cerrará con 2,45 millones. (en línea). Montevideo, Blasina y Asociados. s.p. Consultado 20 nov. 2022. Disponible en <https://blasinayasociados.com/vuelve-a-caer-la-faena-al-eje-de-45-mil-vacunos-el-2022-cerrara-con-245-millones/>
50. 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(3): 331 - 337.
51. Martínez, A. L.; Pérez, M.; Pérez, L.; Gémez, G. 2010. Digestión de los lípidos en los rumiantes: una revisión. (en línea). *Interciencia*. 35(4): 240 - 246. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/339/33913156002.pdf>
52. Martínez, E.; Zanetti, F. 2016. Efecto del nivel de sustitución de sorgo grano por DDGS de sorgo en la dieta sobre la performance a corral y a la faena de novillos alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 79 p.
53. Mera, M. 2016. Lupino dulce y amargo producción en Chile. (en línea). Temuco, INIA. 122 p. (Boletín INIA no. 326). Consultado dic. 2022. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6507/Bolet%c3%adn%20INIA%20N%c2%b0%20326?sequence=1&isAllowed=y>
54. Mertens, D. R.; Loften, J. R. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *Journal of Dairy Science*. 63(9):1437 - 1446.

55. _____. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*. 64(5): 1548 - 1558.
56. _____. 2002. Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. In: Plains Nutrition Council Spring Conference (2002, San Antonio, MX). Proceedings. San Antonio, Texas A&M Research. pp. 40 - 66.
57. Moreira Dias, K. M.; Santos, R. T.; Rodrigues, M. S.; Claudio, F. L.; Calgareo Junior, G.; Alves, E. M.; Paim, T.; Carvalho, E. R. 2019. Substituting sorghum grain with crude glycerol in diets for beef cattle. (en línea). *Archivos de Zootecnia*. 68(261): 128 - 136. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/331297156_Substituting_sorghum_grain_with_crude_glycerol_in_diets_for_beef_cattle
58. Novac Rossin, R.; Panizza Arieta, V.; Rodríguez Morales, M. 2018. Evaluación del DDGS de sorgo en el engorde a corral de novillos. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 63 p.
59. Obeidat, B. S. 2021. The inclusion of black cumin meal improves the carcass characteristics of growing Awassi lambs. *Veterinary World*. 14(1): 237 - 241.
60. Odongo, N.; Alzahal, O.; Lindenger, M.; Duffield, T.; Valdes, Terrell, S. P.; McBride, B. W. 2006. Effects of mild heat stress and grain challenge on acid-base balance and rumen tissue histology in lambs. *Journal of Animal Science*. 84(2): 447 - 455.
61. Olson, K. C.; Cochran, R. C.; Jones, T. J.; Vanzant, E. S.; Titgemeyer, E. C.; Johnson, D. E. 1999. Effects of ruminal administration of supplemental degradable intake protein and starch on utilization of low-quality warm-season grass hay by beef steers. *Journal of Animal Science*. 77(4): 1016 - 1025.
62. Ortega-David, D. E.; Rodríguez, A.; David, A.; Zamora-Burbano, A. 2010. Caracterización del grano de lupino de *L. mutabilis* sembrado en los Andes de Colombia. (en línea). *Acta Agronómica*. 59(1): 111 - 118. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169916223012>
63. Pancini, S. 2018. Evaluación productiva y nutricional de granos de destilería secos de sorgo como ingrediente de raciones para terneros alimentados en confinamiento. Tesis Mag. Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 54 p.

64. Paredes, J.; San Martín, F.; Olazábal, J.; Ara, M. 2014. Efecto del nivel de fibra detergente neutra sobre el consumo en la alpaca (Vicugna pacos). (en línea). *Revistas de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 25(2): 205 - 212. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172014000200008#:~:text=Debido%20a%20que%20el%20alimento,seca%20\(Mertens%2C%202002\)](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172014000200008#:~:text=Debido%20a%20que%20el%20alimento,seca%20(Mertens%2C%202002))
65. Petterson, D. S. 2000. The use of Lupins in feeding systems. *Australasian Journal of Animal Sciences*. 13(6): 861 - 882.
66. Pettersson, T.; Martinsson, K. A. 1994. Digestibility of whole or rolled ensiled barley grain fed to heifers or lactating cows. *Swedish Journal of Agricultural Research*. 24(3): 109 - 113.
67. Plascencia, A.; Mendoza, G. D.; Vásquez, 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(11): 2653 - 2659.
68. 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. *The Journal of Agricultural Science*. 105(1): 9 - 14.
69. Pordomingo, A. J.; Jonas, O.; Adra, M.; Juan, N. A.; Azcarate, M. P. 2002. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga para engorde de bovinos a corral. (en línea). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 31(1): 1 - 23. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/864/86431101.pdf>
70. Ragni, M.; Colonna, M. A.; Lestingi, A.; Tarricone, S.; Giannico, F.; Marsico, G.; Facciolongo, A. M. 2018. Effects of protein sources on performance, carcass composition, blood parameters and meat quality in Charolais heifers. (en línea). *South African Journal of Animal Science*. 48(4): 683 - 694. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <https://dx.doi.org/10.4314/sajas.v48i4.10>
71. Rojas, C.; Carrasco, L. 1987. Niveles de grano de lupino en la alimentación de novillos. (en línea). *Agricultura Técnica*. 47(1): 67 - 70. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14001/39491>
72. _____; Catrileo, A. 2004. Alimentación en ganado. (en línea). Temuco, INIA. 21 p. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/29302/NR31626.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

73. _____.; Catrileo, A.; Grez, T. 2011. Evaluación productiva y económica del uso de grano entero de avena (*Avena sativa* L.) y lupino australiano (*Lupinus angustifolius* L.) en raciones de engorda invernal de vaquillonas. 2011. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*. 27(1): 41 - 48.
74. _____.; Catrileo, A.; Salvo, H.; Maureira, I. 2014. Grano de lupino amarillo (*Lupinus luteus* L.) en dietas de engorda invernal de novillos a corral. (en línea). Temuco, INIA. 2 p. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/grano-lupino-amarillo-lupinusluteus-t31046.htm>
75. Salcedo, T.; Ribeiro, C. S.; Toro Gomez, D. J.; Rivera, L. G.; Machado, M.; Manrique, A. 2012. Acidosis ruminal en bovinos lecheros: Implicaciones sobre la producción y la salud animal. (en línea). *Revista Electrónica de Veterinaria*. 13(4): 1 - 11. Consultado 8 dic. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/636/63623403009.pdf>
76. Simeone, A.; Beretta, V.; D'Ambrosio, B.; Motta, M.; Pedetti, J. 2021a. Suplementación invernal con Lupino en la recría de terneros pastoreando campo natural sobre Basalto. *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (22^a, 2021, Paysandú, UY)*. Memorias. Paysandú, UPIC. pp. 40 - 47.
77. _____.; _____.; Burjel, M. V.; Zabalveytia, N.; Cabrera, F.; Echeverría, F.; Jorajuría, R. 2021b. Una nueva fórmula para el corral de terneros: "ración con certificación CL (con lupino)". *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (22^a, 2021, Paysandú, UY)*. Memorias. Paysandú, UPIC. pp. 56 - 63.
78. Smith, R. 1998. Impact of diseases on feedlot performance. *Journal of Animal Science*. 76(1): 272 - 274.
79. Sorghum. 2017-2021. (en línea). INRAE, s.l. s.p. Consultado 28 nov. 2022. Disponible en <https://www.feedtables.com/content/sorghum>
80. Stricklin, W. R.; Wilson, L. L.; Graves, H. B.; Cash, E. H. 1979. Effects of concentrate level, protein source and growth promotant: Behavior and behavior-performance relationships. *Journal of Animal Science*. 49(3): 832 - 837.
81. Tedeschi, L. O.; Kononoff, P. J.; Karges, K.; Gibson, M. L. 2009. Effects of chemical composition variation on the dynamics of ruminal fermentation and biological value of corn milling (co)products. *Journal Dairy Science*. 92(1): 401 - 413.

82. Ustarroz, E.; De Leon, M. 2004. Utilización de pasturas y suplementación con granos en invernada. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 5 dic. 2022. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/77-pasturas_y_suplementacion_en_invernada.pdf
83. Van Barneveld, R. J. 1999. Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Reviews*. 12(2): 203 - 230.
84. Van Keulen, J.; Young, B. A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. (en línea). *Journal of Animal Science*. 44(2): 282 - 287. Consultado dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2527/jas1977.442282x>
85. Van Koevinger, M. T.; Gill, D. R.; Owens, F. N.; Dolezal, H. G.; Strasia, C. A. 1995. Effect of time on feed on performance of feedlot steers, carcass characteristics, and tenderness and composition of longissimus muscles. (en línea). *Journal of Animal Science*. 73(1): 21 - 28. Consultado dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2527/1995.73121x>
86. Van Lier, E.; Rigueiro, M. 2008. Digestión en Reticulo-Rumen. Montevideo, Udelar. 28 p.
87. 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. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 74(10): 3583 - 3597. Consultado 6 dic. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
88. _____. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. ed. Ithaca, Comstock. 476 p.
89. Van Vuuren, A. D.; Calsamiglia, S.; Udén, P. 2012. Rumen health: A 360° analysis. *Animal Feed Science and Technology*. 172: 1 - 3.
90. Vander Pol, K. J.; Luebke, M. K.; Crawford, G.; Erickson, G. E.; Klopfenstein, T. J. 2007. Digestibility, rumen metabolism, and site of digestion for finishing diets containing wet distillers grains or corn oil. (en línea). *Nebraska Beef Cattle Reports*. 69: 39 - 42. Consultado dic. 2022. Disponible en <https://digitalcommons.unl.edu/animalscibcr/69>
91. Vicenti, A.; Toteda, F.; Di Turi, L.; Cocca, C.; Perrucci, M.; Melodia, L.; Ragni, M. 2009. Use of sweet lupin (*Lupinus albus* L. var. *Multitalia*) in feeding for Podolian young bulls and influence on productive performances and meat quality traits. *Meat Science*. 82(2): 247 - 251.

92. White, C.; Hanbury, C.; Young, P.; Phillips, N.; Wiese, S.; Milton, J.; Davidson, R.; Siddique, K.; Harris, D. 2002. The nutritional value of *Lathyrus cicera* and *Lupinus angustifolius* grain for sheep. (en línea). *Animal Feed Science and Technology*. 99(1-4): 45 - 64. Consultado dic. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00035-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00035-4)
93. Wiese, S. C.; White, C. L.; Masters, D. G.; Milton, J. T. B.; Davidson, R. H. 2003. Growth and carcass characteristics of prime lambs fed diets containing urea, lupins or canola meal as a crude protein source. (en línea). *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 43(10): 1193 - 1197. Consultado dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1071/EA02134>
94. Williams, S. ed. 1984. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 14th. ed. Virginia, AOAC. 1141 p.
95. Zinn, R. A. 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers; metabolism. *Journal of Animal Science*. 67(4): 1038 - 1049.

10. ANEXOS

Anexo 1. Acostumbramiento.

Día	Actividad
1	0,5 kg/animal/día RC + 1% del PV de silo pack SF
2-6	Aumentó en 0,5 kg/animal/día de RC + 1% del PV de silo pack SF
7	2/3 RC + 1/3 RE + 1% del PV de silo pack SF
8	1/3 RC + 2/3 RE + 1% del PV de silo pack SF
9-17	100% RE + 1% del PV de silo pack de SF
18- 31	Observación de rechazo --> descenso de 12,5% de oferta de silo pack SF sin aumento de RE No observación de rechazo --> aumento de 0,5 Kg RE/animal sin descenso de silo pack SF
31	100% RE
*	Hasta el día 18 todos los bloques aumentan 0,5 Kg ración/animal/día

RC: Ración comercial; RE: Ración experimental; SF: Sorgo forrajero; PV: Peso vivo.

Anexo 2. Análisis de varianza para peso inicial.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	272,11	90,703333	1,52	0,3035
Bloque	2	5310,735	2655,3675	44,39	0,0003

Anexo 3. Análisis de varianza para altura final.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	6,9166667	2,30555556	0,87	0,5051
Bloque	2	22,1666667	11,08333333	4,2	0,0723

Anexo 4. Análisis de varianza para consumo de materia seca (kg/a/día).

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Tratamiento	2	6	7,08	0,0264
Bloque	3	6,04	10,37	0,0085
Días	10	266	19,69	<0,0001
Días*trat	30	266	2,79	<0,0001

Anexo 5. Análisis de varianza para consumo de materia seca expresada en porcentaje de peso vivo.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Tratamiento	2	6	3,68	0,0905
Bloque	3	6,07	13,6	0,0042
Días	10	260	28,68	<0,0001
Días*trat	30	260	2,82	<0,0001

Anexo 6. Análisis de varianza para el rechazo del consumo expresado como el porcentaje de ración ofrecida.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Tratamiento	2	6	0,04	0,963
Bloque	3	6,16	1,45	0,3177
Días	10	271	19,77	<0,0001
Días*trat	30	271	3,32	<0,0001

Anexo 7. Análisis de varianza para la ganancia media diaria.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Tratamiento	3	11,5	0,53	0,67
Bloque	2	6,13	33,4	0,0005
Días	1	46,3	954,02	>0,0001
Días*trat	3	46,3	3,5	0,0228

Anexo 8. Análisis de varianza para la eficiencia de conversión.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	0,80269167	0,26756389	0,6	0,627
Bloque	2	1,16346667	0,58173333	1,31	0,3373

Anexo 9. Análisis de la varianza para la digestibilidad de la materia seca.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	543,3129667	181,1043222	15,14	0,0033
Bloque	2	0,8754	0,4377	0,04	0,9643

Anexo 10. Análisis de varianza para digestibilidad de la materia orgánica.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	5	474,7353583	158,2451194	13,55	0,0044
Bloque	6	0,89645	0,448225	0,04	0,9626

Anexo 11. Análisis de varianza para peso final.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	761,5625000	253,854167	0,85	0,5137
Bloque	2	7513,875	3756,9375	12,63	0,0071

Anexo 12. Análisis de varianza para la actividad de consumo.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Bloque	2	42	1,1	0,3409
Tratamiento	3	42	5,93	0,0018
Semana	1	44	16,95	0,0002
día dentro semana	1	44	6,56	0,0139
Trat*semana	3	44	1,87	0,1484
Trat*día de semana	3	44	1,46	0,239
Trat*semana* día de semana	4	44	3,48	0,0148

Anexo 13. Análisis de varianza para la actividad de rumia.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Bloque	2	42	2,44	0,0992
Tratamiento	3	42	0,32	0,8077
Semana	1	44	10,12	0,0027
dia dentro semana	1	44	4,55	0,0385
Trat*semana	3	44	0,13	0,939
Trat*dia de semana	3	44	1,74	0,1728
Trat*semana* dia de semana	4	44	1,56	0,201

Anexo 14. Análisis de varianza para actividad de descanso.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Bloque	2	42	0,36	0,7004
Tratamiento	3	42	9,24	<0,0001
Semana	1	44	30,91	<0,0001
dia dentro semana	1	44	2,82	0,1003
Trat*semana	3	44	1,31	0,2818
Trat*dia de semana	3	44	1,45	0,2414
Trat*semana* dia de semana	4	44	1,45	0,2348

Anexo 15. Análisis de varianza para patrón de consumo de 7a 9 hs

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Bloque	2	5,98	0,89	0,4595
Tratamiento	3	5,98	2,56	0,151
Semana	1	11,9	3,81	0,0748
Trat*semana	3	11,1	4,77	0,0227
Día	1	12,6	13,4	0,003

Anexo 16. Análisis de varianza para patrón de consumo de 9 a 11 hs.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Bloque	2	10,4	2,38	0,1412
Tratamiento	3	10,4	4,96	0,0219
Semana	1	20,1	2,46	0,1323
Trat*semana	3	18,7	5,23	0,0086
Día	1	11,2	38,94	<0,0001

Anexo 17. Análisis de varianza para patrón de consumo de 11 a 13 hs.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Bloque	2	6	0,82	0,4839
Tratamiento	3	6	3,09	0,1111
Semana	1	10,6	0,36	0,5625
Trat*semana	3	10	0,42	0,7421
Día	1	11,6	0,45	0,5146

Anexo 18. Análisis de varianza para patrón de consumo de 13 a 15 hs.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Bloque	2	6	0,29	0,7607
Tratamiento	3	6	1,66	0,2732
Semana	1	11	23,15	0,0005
Trat*semana	3	10,3	1,92	0,1888
Día	1	11,6	7	0,0219

Anexo 19. Análisis de varianza para patrón de consumo de 15 a 17 hs.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Bloque	2	5,99	0,16	0,8542
Tratamiento	3	5,99	2,42	0,1651
Semana	1	14,6	24,06	0,0002
Trat*semana	3	13,6	5,17	0,0134
Día	1	13,7	0,64	0,4385

Anexo 20. Análisis de varianza para patrón de consumo de 17 a 19 hs.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Bloque	2	5,97	0,52	0,6212
Tratamiento	3	5,97	2,11	0,2006
Semana	1	12,5	8,77	0,0114
Trat*semana	3	12,4	2,71	0,09
Día	1	16,1	7,76	0,0132

Anexo 21. Análisis de varianza para criba 1 del penn state.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Tratamiento	3	20	2,46	0,0925

Anexo 22. Análisis de varianza para criba 2 del penn state.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Tratamiento	3	20	5,76	0,0052

Anexo 23. Análisis de varianza para criba 3 del penn state.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Tratamiento	3	20	4,41	0,0155

Anexo 24. Análisis de varianza para bandeja inferior del penn state

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
---------------	---------------	----------------	----------------	----------------

Tratamiento	3	20	8,08	0,001
-------------	---	----	------	-------

Anexo 25. Análisis de varianza para factor de efectividad 2 (c1+c2).

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Tratamiento	3	20	5,25	0,0078

Anexo 26. Análisis de varianza para factor de efectividad 3 (c1+c2+c3).

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Tratamiento	3	20	8,32	0,0009

Anexo 27. Análisis de varianza para el porcentaje de fibra detergente neutro efectiva 2

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Tratamiento	3	20	662,19	<0,0001

Anexo 28. Análisis de varianza para el porcentaje de fibra detergente neutro efectiva 3.

Efecto	No. DF	Den. DF	F Value	Pr>F
Tratamiento	3	20	11,46	0,0001

Anexo 29. Análisis de varianza para peso de faena.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	1027,393333	342,464444	1,02	0,4478
Bloque	2	6738,446667	3369,223333	10,02	0,0122

Anexo 30. Análisis de varianza para peso de canal.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	336,766667	112,255556	1,19	0,3885
Bloque	2	2440,806667	1220,403333	12,99	0,0066

Anexo 31. Análisis de varianza para rendimiento.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	0,1625	0,5416667	0,18	0,9034
Bloque	2	0,375	0,1875	0,64	0,561

Anexo 32. Análisis de varianza para pH.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	0,0003	0,0001	0,17	0,9135
Bloque	2	0,00051667	0,00025833	0,44	0,6652

Anexo 33. Análisis de varianza para espesor de grasa dorsal.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	3,4558333	1,15194444	2,1	0,2017
Bloque	2	5,781666667	2,89083333	5,27	0,0477

Anexo 34. Análisis de varianza para marbling.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	768,2291670	256,076389	2,57	0,1504
Bloque	2	1588,541667	794,270833	7,96	0,0205

Anexo 35. Análisis de varianza para fuerza de corte.

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	0,2327333	0,07757778	4,24	0,0627
Bloque	2	0,17621667	0,0883	4,82	0,0565

Anexo 36. Análisis de varianza para color de carne (L).

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	2,8566667	0,95222222	0,72	0,5757
Bloque	2	1,78166667	0,89083333	0,67	0,5447

Anexo 37. Análisis de varianza para color de carne (a).

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	0,2966667	0,09888889	0,08	0,9663
Bloque	2	0,645	0,3225	0,27	0,7695

Anexo 38. Análisis de varianza para color de carne (b).

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	0,1266667	0,0422222	0,12	0,9422
Bloque	2	0,06	0,03	0,09	0,9165

Anexo 39. Análisis de varianza para color grasa (I).

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	3,4958333	1,16527778	1,2	0,3869
Bloque	2	1,46	0,73	0,75	0,5113

Anexo 40. Análisis de varianza para color grasa (a).

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	0,0433333	0,01444444	0,11	0,9527
Bloque	2	2,00666667	1,0033333	7,46	0,0236

Anexo 41. Análisis de varianza para color grasa (b).

Efecto	DF	Tipo IV SS	Means square	F-Valor	Pr>F
Tratamiento	3	4,1891667	1,39638889	1,44	0,3201
Bloque	2	5,90083333	2,95083333	3,05	0,1217