

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

AVENA GRANO ENTERO COMO FUENTE DE FIBRA EFECTIVA EN DIETAS
DE CORRAL PARA TERNEROS

por

Emiliano GARCÍA BERRETTA
Lautaro ONETO MARTÍNEZ

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2017

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Virginia Bereta

Ing. Agr. Álvaro Simeone

Dr. Juan Franco

Fecha:

11 de octubre de 2017

Autores:

Emiliano García Berretta

:

Lautaro Oneto Martínez

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por el apoyo constante a lo largo de nuestra carrera.

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

A Stefania Pancini y Javier Caorsi por su apoyo en las tareas de campo y laboratorio.

A Diego Mosqueira por su gran aporte en las tareas de campo.

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

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. ASPECTOS ASOCIADOS AL MANEJO DE LA FIBRA EN DIETAS DE CONFINAMIENTO	3
2.1.1. <u>Concepto y cuantificación de la fibra</u>	3
2.1.2. <u>Importancia de la fibra en la dieta, su efecto en la rumia, producción de saliva y en la salud ruminal</u>	4
2.1.3. <u>Fibra físicamente efectiva</u>	5
2.1.4. <u>Niveles de FDN y su efecto</u>	8
2.2. FUENTES DE FIBRA Y RESPUESTA ANIMAL PARA DIETAS DE CONFINAMIENTO	9
2.2.1. <u>Henos y ensilajes</u>	11
2.2.2. <u>Subproductos</u>	12
2.2.3. <u>Granos</u>	14
2.3. SÍNTESIS.....	16
2.4. HIPÓTESIS.....	16
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	17
3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	17
3.2. CLIMA.....	17
3.3. INFRAESTRUCTURA	18
3.4. ANIMALES	18

3.5. ALIMENTO	19
3.6. TRATAMIENTOS.....	19
3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	20
3.7.1. <u>Período pre-experimental</u>	20
3.7.2. <u>Período experimental</u>	21
3.8. MANEJO SANITARIO.....	21
3.9. DETERMINACIONES	21
3.9.1. <u>Peso vivo</u>	21
3.9.2. <u>Altura al anca</u>	21
3.9.3. <u>Consumo de alimento</u>	22
3.9.4. <u>Caracterización de la fibra efectiva</u>	22
3.9.5. Digestibilidad aparente y comportamiento animal	22
3.9.6. <u>Registros climáticos</u>	23
3.9.7. <u>Análisis químico</u>	23
3.10. VARIABLES CALCULADAS	24
3.10.1. <u>Ganancia media diaria</u>	24
3.10.2. <u>Eficiencia de conversión</u>	24
3.10.3. <u>Composición química del alimento consumido</u>	24
3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	24
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	27
4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS.....	27
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS DIETAS.....	28
4.3. CONSUMO DE MATERIA SECA.....	34
4.4. CONSUMO DE NUTRIENTES	38
4.5. COMPORTAMIENTO ANIMAL.....	39
4.6. CRECIMIENTO ANIMAL Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN	41
5. <u>CONCLUSIONES</u>	46
6. <u>RESUMEN</u>	47

7. <u>SUMMARY</u>	48
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	49
9. <u>ANEXOS</u>	59

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Contenido de fibra (FDN), factor de efectividad física de la fibra (fef) y fibra físicamente efectiva (FDNfe)	7
2. Experiencia regionales sobre la performance de rumiantes consumiendo raciones totalmente mezcladas difiriendo en la cantidad y fuente de fibra ...	10
3. Medias mensuales históricas de temperatura, precipitaciones y humedad relativa de los meses del período experimental.....	17
4. Composición de las raciones suministradas	19
5. Temperaturas medias, máximas y mínimas, precipitaciones y velocidad del viento promedio durante el período experimental	27
6. Composición química de las raciones experimentales difiriendo en el nivel de inclusión de grano entero de avena (GEA) en sustitución del heno de moha.....	.28
7. Digestibilidad de la materia seca (DMS) y composición química de lo consumido	29
8. Efecto del nivel de inclusión de grano entero de avena (GEA) en sustitución del heno de moha sobre la distribución del tamaño de partícula y contenido de fibra efectiva en el alimento ofrecido y en los rechazos	32
9. Materia seca digestible, proteína cruda, fibra detergente neutra y extracto etéreo promedio consumido diariamente	38
10. Medias ajustadas de ganancia media diaria, peso inicial y final, altura a la salida del corral, y eficiencia conversión animal	41

Figura No.

1. Relación entre el contenido de fibra neutra detergente de la ración y el consumo de materia seca en el vacuno lechero	9
2. Esquema del corral experimental.	18
3. Efecto del grado de inclusión de avena en la ración sobre la digestibilidad de materia seca (DMS) y concentración de fibra detergente neutra (FDN).	30
4. Consumo de materia seca en terneros según el porcentaje de inclusión de grano entero de avena (GEA) en la ración.	34
5. Consumo de materia seca promedio para cada semana.	37
6. Efecto del nivel de inclusión de grano entero de avena sobre la distribución porcentual del tiempo entre las distintas actividades realizada por los terneros (8:00 a 18:00 horas).....	39
7. Consumo de materia seca digestible (CMSD), eficiencia de conversión (EC), consumo de materia seca (CMS) y ganancia media diaria (GMD) según el grado de inclusión de grano entero de avena (GEA).	42

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente en Uruguay la cría se ha realizado en zonas de menor potencial productivo, donde el campo natural es el principal soporte forrajero, dejando los de mayor potencial para la invernada. Esto es debido a que la eficiencia biológica de producción de carne es menor en la cría que en la invernada (se considera que un kilogramo de ternero destetado requiere el doble de nutrientes que un kilogramo de ganancia de peso en la invernada). Para obtener una mejora en la eficiencia productiva y rentabilidad de los sistemas criadores, mantener los terneros destetados durante el invierno es una buena alternativa, aunque la misma conlleva a cambios tecnológicos en el sistema productivo.

Se sabe que en el periodo invernal los terneros presentan pérdida de pesos del entorno de 0,200 kg/día, esto genera que los animales pasen más tiempo en el campo para poder lograr los pesos deseados por los invernadores, ocasionando superposición de categorías. Como consecuencia de esto los animales presentan edades de faena elevadas, ya que tienen que permanecer más tiempo en el campo para lograr los pesos mínimos exigidos por la industria.

Una alternativa para solucionar esta problemática es el sistema ADT (Alimentación Diferencial del Ternero), el cual consiste en el encierre de terneros durante el periodo invernal y alimentar dichos animales con concentrados energéticos, con esto no solo se atenúan las pérdidas de esta categoría durante el invierno sino que incluso se obtienen ganancias del entorno de los 0,750 – 0,850 kg/animal/día y lleva a una terminación más temprana de los animales. Otra ventaja otorgada por este sistema es la liberación del campo por esta categoría lo cual permite una mejor utilización del forraje disponible por parte de otras categorías.

En la alimentación a corral, el manejo de la fibra es un aspecto fundamental, ya que esta asegura un adecuado funcionamiento ruminal, lo que tendrá un marcado efecto sobre el consumo y digestión de los alimentos y consecuentemente sobre la ganancia de peso de los animales y la eficiencia de conversión. En los sistemas criadores, la disponibilidad de fibra larga, proveniente de reservas forrajeras (henos o ensilajes) o residuos de cosecha, puede constituirse en una limitante debido a la falta de los mismos en las zonas tradicionalmente criadoras y el alto costo que significa el transporte de alimentos voluminosos. En tal sentido fuentes alternativas de fibra corta podrían ser una opción valedera para afrontar dichas limitantes.

El uso de subproductos con alto nivel de fibra como la cascara de arroz o el retornable fino han sido evaluados y se ha demostrado que pueden resultar una alternativa viable. Otras opciones como la inclusión de granos con alto contenido de fibra, como el grano entero de avena, podrían también resultar viables. Sin embargo son relativamente más escasas las referencias sobre su uso. Resulta relevante a efectos la formulación de raciones incluyendo grano de avena entero, cuantificar la efectividad de la fibra que aporta, y el efecto de su inclusión sobre la utilización del alimento y eficiencia de conversión.

La posibilidad de sustituir parcial o totalmente la tradicional fuente de fibra (heno) por grano de avena, podría contribuir de forma significativa a la adopción de una alternativa de fuerte impacto productivo para la cría como el ADT. En tal sentido es importante cuantificar la respuesta animal frente al cambio en la fuente de fibra a los efectos de disponer coeficientes técnicos para la toma de decisión.

El objetivo de este trabajo fue evaluar distintos grados de inclusión de grano entero de avena sustituyendo al heno y su efecto sobre la performance de terneros en el sistema ADT.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La presente revisión bibliográfica tuvo como objetivo desarrollar los antecedentes referidos a la viabilidad de incluir distintas fuentes de fibra en raciones totalmente mezcladas altamente concentradas en energía particularmente cuando estas serán ofrecidas a terneros durante el periodo invernal.

La avena como grano “vestido” con alto aporte de fibra podría servir, pero simultáneamente aporta almidón, de forma que resulta importante evaluar la viabilidad de este grano como fuente de fibra efectiva en dietas concentradas.

2.1 ASPECTOS ASOCIADOS AL MANEJO DE LA FIBRA EN DIETAS CONCENTRADAS DE CONFINAMIENTO

La fibra en la alimentación de los vacunos cumple un doble rol, por un lado, tiene la función de aportar nutrientes, de mayor relevancia cuanto mayor sea la proporción en la dieta y la calidad de la fibra, y por otro un rol funcional, relacionado con el mantenimiento de condiciones óptimas en el rumen para la fermentación. En dietas concentradas en que el nivel de fibra es bajo, la cantidad mínima necesaria de fibra para el adecuado fruncimiento del rumen es muy relevante. En este ítem se focalizara en los aspectos vinculados a esta última situación.

2.1.1 Concepto y cuantificación de la fibra

La fibra es un conjunto de hidratos de carbono estructurales o fibrosos, compuesto por celulosa, hemicelulosa, pectinas, β -glucanos, ácidos fenólicos y lignina, que forman parte de la pared celular de los vegetales (Bach y Calsamiglia, 2006).

Van Soest (1982) se refirió a la fibra cruda (FC) como el residuo insoluble después de una incubación en una solución ácida, seguida de una alcalina. Este residuo insoluble contiene celulosa pero ligada a cantidades variables de hemicelulosa, lignina y compuestos nitrogenados. La fibra detergente neutra (FDN) por otra parte es el material insoluble en una solución

detergente neutra y está compuesto por celulosa, hemicelulosa y lignina, existiendo otros compuestos mínimos como residuos de almidón, cenizas y nitrógeno.

La fibra detergente acida (FDA) representa el residuo que se obtiene tras un lavado del ingrediente usando una solución acida detergente. Es importante que la determinación de la FDA se realice sobre el residuo de la FND, es decir, de forma secuencial (Van Soest et al., 1991).

2.1.2. Importancia de la fibra en la dieta, su efecto en la rumia, producción de saliva y en la salud ruminal

La función de la fibra además de la calidad nutricional de la misma (proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina), es mantener un correcto funcionamiento ruminal que no comprometa su salud. Para ello, los bovinos deben consumir una cantidad mínima de fibra que estimule la rumia y la salivación.

Los requerimientos y recomendaciones de exigencias mínimas de fibra en la ración son consecuencia de la capacidad de la misma para prevenir la acidosis ruminal. Existen dos clasificaciones de la acidosis, la aguda o clínica, caracterizada por un pH ruminal alrededor de 5,2; y la subaguda o subclínica, con un pH entre 5,2 y 5,6. Las dos presentaciones a nivel nutricional causan una interacción negativa en la digestión, alterando la digestibilidad de la fibra y disminuyendo el valor energético de los alimentos (Bacha, 2002).

Según Calsamiglia y Ferret (2002) la saliva aporta la mayor proporción de la capacidad tamponante del rumen. Dicho aporte depende del volumen total de saliva producida y de su composición. Sauvante et al., citados por Calsamiglia y Ferret (2002) observaron que existe una relación directa entre el flujo de saliva (L/kg MS ingerida) y el pH. Sin embargo, cuando el pH disminuye a 5,5, la capacidad tamponante de la misma queda saturada.

Welch y Smith, citados por Calsamiglia y Ferret (2002) afirmaron que el tiempo empleado para la masticación y rumia depende del contenido en la pared celular, de tal manera que a mayor contenido en fibra, mayor tiempo de masticación, y en consecuencia mayor secreción de saliva.

Además, la forma de presentación del forraje juega un papel fundamental en la cantidad de saliva segregada, siendo mayor en el heno,

intermedio en el ensilado y el pasto, y bajo en forraje en forma de pellet (Bailey y Balch, 1959).

Estudios empíricos desarrollados por Allen (1996) indican que el tamaño de partícula, la ingestión de materia seca y la FDN del forraje son los factores que más influyen en la determinación del tiempo total de masticación ($r^2 = 0,69$).

La rumia es el proceso por el cual los contenidos del rumen son completamente mezclados y dónde las partículas más grandes y menos digeridas son re-dirigidas hacia arriba, regurgitadas, masticadas y tragadas nuevamente. Este proceso se repite una y otra vez hasta que las partículas alcanzan un tamaño lo suficientemente pequeño y un área de superficie relativamente grande que permite a las bacterias y protozoarios del rumen digerirlas más eficientemente. Llegado el momento las partículas de alimento abandonan el retículo-rumen y entran al omaso en su ruta hacia el estómago verdadero, el abomaso. Por esto, se ha considerado de importancia determinar el tamaño de partícula y cuantificar la efectividad de la misma. El evaluador del tamaño de partícula de Penn State ha sido probado como una buena herramienta de campo para determinar el tamaño de partícula. El separador original de partículas de Penn State contenía dos bandejas perforadas intermedias y una en la base sin agujerear. En un modelo más reciente se agregó una tercer bandeja perforada antes de la última (Heinrichs y Kononoff, 2002). La primer bandeja perforada retiene las partículas mayores de 0.75 pulgadas. Estas partículas son aquellas que forman el filtro ruminal de forraje y las que tienen mayor efecto en estimular la rumia. La segunda bandeja separa las partículas que miden entre 0.75 y 0.31 pulgadas, y que tienen una tasa moderada de digestión y flujo fuera del rumen. La tercer bandeja separa las partículas que miden entre 0.31 y 0.07 pulgadas. Esta bandeja se agregó para caracterizar mejor las partículas de tamaño más pequeño. La última bandeja recoge las partículas remanentes, de menos de 0.07 pulgadas. Estas partículas son las que se digieren o salen más rápidamente del rumen (García y Kalscheur, 2006).

2.1.3 Fibra físicamente efectiva

La Fibra Detergente Neutra físicamente efectiva (FDNfe) se relaciona con la concentración de fibras, tamaño de partícula, y la reducción de tamaño de las mismas. La FDNfe influye con la formación de la estera ruminal, que puede ser un factor crítico para retener selectivamente la fibra en el rumen, la

determinación de la dinámica del rumen, la fermentación, el paso, y estímulo de la rumia (Mertens1997, Calsamiglia 1997).

Mertens (1997) diferencia la FDNfe de la Fibra Detergente Neutro efectiva (FDNe). La primera está relacionada con las características físicas de la fibra antes mencionadas, mientras que la FDNe está referida a la capacidad de reemplazar forraje o fibra en una ración de manera que el porcentaje de grasa en la leche producida por vacas que comen la ración, se mantenga eficazmente, lo que estaría dado por la capacidad de la fibra de la dieta en estimular la masticación y la rumia.

Mertens (1997) definió a la FDNfe de un alimento como el producto de su concentración de FDN y su factor de eficacia física (FEF). Por definición, FEF varía de 0, cuando la FDN no es eficaz en la estimulación de la masticación, a 1 cuando la FDN es plenamente eficaz en la promoción de la masticación. Cada alimento dependiendo de su forma física presenta una FDN efectiva diferente.

En el cuadro 1 se presentan los porcentajes de FDN y la efectividad de la misma para diferentes fuentes de fibra

Cuadro 1. Contenido de fibra (FDN), factor de efectividad física de la fibra (fef) y fibra físicamente efectiva (FDNfe)

Alimento	Forma física	FDN (%MS)	ef	FFDNfe (%MS)
Heno gramíneas	largo	73	1	73
Heno alfalfa 10% floración	largo	42	0,95	39,9
Heno alfalfa 10% floración	picado grueso	42	0,85	35,7
Ensilaje de maíz	picado grueso	40	0,9	36
Ensilaje de maíz	picado fino	40	0,8	32
Ensilaje sorgo planta entera	picado grueso	65	0,95	61,8
Maíz grano	entero	10	1	10
Maíz grano	molido grueso	10	0,4	4
Harina de soja (46% PC)	peleteado	15	0,4	6
Cáscara de soja	peleteado	67	0,4	6,8

Fuente: elaborado en base a Mertens (2002)

Mertens (2002) reporta un valor óptimo FDNfe de 15%, indicando que se observa una relación lineal positiva entre la ganancia diaria de peso vivo y el contenido de FDNfe cuando éste es menor al 10% de la materia seca, y una relación lineal negativa cuando la misma supera el 15%. No obstante esto reporta que existe muy poca variación en ganancia de peso vivo (GMD) cuando la FDNfe varía entre 12 y 18% de la materia seca, por lo que las recomendaciones podrían ser modificadas en función del objetivo de producción y de otros factores que pueden influenciar la cantidad mínima de FDNfe requerida por ganado en feedlot.

Fox y Tedeschi (2002) recomiendan para dietas de feedlot altamente concentradas, valores de FDNfe variando entre 7 y 10% de la materia seca de la dieta. Estos autores fundamentan su recomendación en que serían los niveles requeridos para mantener el pH del rumen por encima de 5.7, valor a

partir del cual comenzaría a afectarse el consumo de materia seca. Sin embargo, si el objetivo fuera maximizar la digestibilidad de la pared celular para optimizar la utilización de forraje, el requerimiento mínimo de FDNfe aumentaría al 20% de la materia seca.

2.1.4 Nivel de FDN y sus efectos

Mertens (1987) menciona que la FDN se utiliza como índice de volumen de la ración y supone un límite a la capacidad de ingestión de la misma, teniendo un valor estimado de 1,2 % del peso vivo como mínimo en forma de FDN. Por encima de éste nivel, la FDN puede limitar la ingestión de alimentos, y en ningún caso debe superar el 1.4-1.5 % del peso vivo.

Loerch y Fluharty (1998), realizaron un ensayo en el cual compararon dietas sin fibra y con 15% de ensilaje de maíz. No encontraron diferencias en aumento de peso diario y CMS pero la dieta con ensilaje de maíz presento una eficiencia de conversión menor.

Stock et al., citados por Bacha et al. (2005), encontraron que cuando el nivel de forraje crecía de 0 a 9% la eficiencia de conversión disminuía. También se observo que la eficiencia de conversión disminuyo cuando el forraje fue adicionado a dietas con grano de maíz y sorgo, no encontrándose efecto negativo cuando se adicionó a dietas con grano de trigo.

Zinn et al. (1994), encontraron efecto positivo sobre la ganancia diaria de peso y la eficiencia de conversión cuando se disminuyo la concentración de forraje de 20 a 10%.

Dependiendo del contenido de fracciones fibrosas en los otros componentes de la dieta, la cantidad mínima del recurso fibroso a incorporar se ubica comúnmente entre el 5 y el 10% de la dieta (base seca). Para sostener una actividad fermentativa adecuada se sugiere un aporte tal de elementos fibrosos que aseguren un mínimo de 10% de fibra detergente ácido (FDA), y que al menos la mitad de ese aporte provenga de una fuente de “fibra efectiva” o larga tal como los henos o los silajes (Pordomingo, 2005).

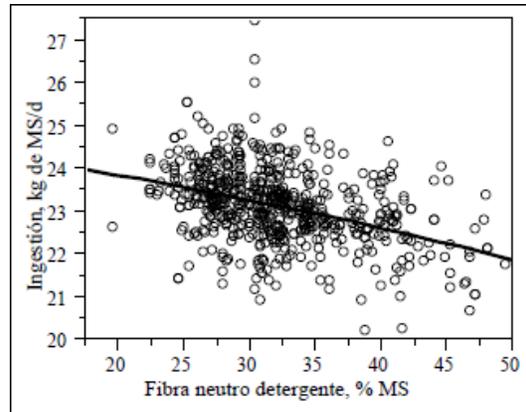


Figura 1. Relación entre el contenido de fibra neutra detergente de la ración y el consumo de materia seca en el vacuno lechero ($R^2 = 0,15$; $P < 0,05$). Fuente: Bach y Casamiglia (2006).

2.2 FUENTES DE FIBRA Y RESPUESTA ANIMAL PARA DIETAS DE CONFINAMIENTO

Las fuentes de fibras más comúnmente utilizadas en los sistemas de alimentación a corral o feedlot es el heno, suministrado como picado o molidos grueso y de calidad intermedia o baja. Otras oferentes de fibra son los ensilajes de planta entera, algunos con buen contenido energético por la presencia de grano como son los de maíz, sorgo y avena o cebada, o los ensilajes de pasturas como raigrás que presentan alta digestibilidad. En un nivel intermedio se encuentran aquellas fuentes sin fibra larga, provenientes de la industria de los alimentos como afrechillo de trigo, raicilla de malta y las cáscaras (de girasol, de semilla de algodón o maní, Pordomingo, 2005).

En el cuadro 2 se presentan los resultados de diversos experimentos seleccionados por haber evaluado diferentes fuentes de fibra en diversas concentraciones en dietas para confinamiento.

Cuadro 2. Experimentos regionales sobre la performance de rumiantes consumiendo raciones totalmente mezcladas difiriendo en la cantidad y fuente de fibra.

ANIMAL						PERFORMANCE			
Cat.	Peso inicial	Raza	% conc.	% FDN	Fuentes de fibra	Ganancia (kg/d)	Consumo kg/d (%PV)	EC	Ref.*
Terneros	170	Angus	0	S/D	HA	0,39a	6,59(3,1)a	17,2c	1
			30	S/D	HA	0,601b	6,85(3,1)a	11,4b	
			60	S/D	HA	0,962c	7,18(3)a	7,5a	
Terneros	96	Braford	35	47,97	ET	0,270	2,24(1,97)	9,17	7
			45	42,91	ET	0,536	3,01(2,36)	6,41	
			55	37,32	ET	0,728	3,49(2,59)	4,9	
			65	32,97	ET	0,784	3,87(2,83)	5,22	
Terneras	114,2±7,41	S/D	84	S/D	CM	S/D	7,175d	S/D	4
			86	S/D	CM	S/D	6,899c	S/D	
			88	S/D	CM	S/D	6,37b	S/D	
			90	S/D	CM	S/D	6,223a	S/D	
Terneros	153,2±11,9	Hereford	90	17,6	HM	1,15	5,47	5,47	5
			93,6	17,3	CA	1,15	5,56	5,46	
			94	17,8	RM	1,12	5,56	5,4	
Terneros	155±9,7	Angus	89,8	18,2	HA+GEM	1,433	6,95	4,85	2
			100	17,2	GEM	1,530	7,07	4,62	
			100	20	GEM+GEA	1,537	7,01	4,56	
Novillos	269±10,8	Angus	89,8	18,2	HA+GEM	1,546	10,31	6,67	2
			100	17,2	GEM	1,520	10,06	6,62	
			100	20	GEM+GEA	1,563	10,08	6,45	
Novillos	250	Hereford	14	48,9	HTR	0,806d	6,6c	8,2d	3
			29,5	42,8	HTR+GEA	1,035c	7,4b	7,1c	
			46,5	39,8	HTR+GEA	1,151c	7,7b	6,7bc	
			62,5	36,4	HTR+GEA	1,313b	8,1ab	6,1ab	
			79,5	36,4	HTR+GEA	1,473a	8,6a	5,8a	
Novillos	330±27,3	Hereford	87	18,3	HM	1,77b	11,49a	6,09a	5
			91,5	17,6	CA	1,15e	10,43b	6,54 ^a	
			92	18,2	RM	2,02a	11,21a	4,97b	
Novillos	341±53,8	Hereford	85	S/D	PT	1,646	9,711	5,9	6
			100	S/D	AT	1,745	9,423	5,4	
Novillos	319±38,3	Hereford	70	49	ESPC	2,0	16,2a	8,11 ^a	9
			70	61	ESPL	1,99	16,0a	8,07a	
			90	49	ESPC	1,8	13,2b	7,3b	
			90	61	ESPL	2,06	13,1b	6,36b	

*Referencias: 1) Pordomingo et al. (s.f.). 2) Pordomingo et al. (2002). 3) Rojas et al. (1989). 4) Godio et al. (2007). 5) Simeone y Beretta (2010). 6) Simeone y Beretta (2009). 7) Da Costa Eifert et al. (2004). 8) Simeone y Beretta (2011). 9) Simeone y Beretta (2011).

Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente dentro del mismo experimento.

Abreviatura: S/D: sin datos; HA: heno de alfalfa; GEM: grano maíz entero; GEA: grano entero de avena; HTR: heno trébol rojo; CM: cascara de maní; HM: heno de moha; CA: cascara de arroz; RM: retornable de la madera; PT: paja de trigo; AT: afrechillo de trigo; ET: ensilaje triticale; ESPC: ensilaje de sorgo picado corto; ESPL: ensilaje de sorgo picado largo.

2.2.1 Henos y ensilajes

El oferente de fibra más común utilizado en la mayoría de los sistemas de alimentación en confinamiento es el heno (rollo o fardos) procesados, picados o molidos gruesos y de calidad intermedia o baja. El heno cosechado en rollos y luego procesado para su mezclado en la dieta, se convierte en uno de los insumos más caros por unidad de energía digestible. Incluso, en la mayoría de los feed lots de poca escala, no se dispone de equipamiento para molienda de henos (Garrido y Santos, 2010).

Pordomingo et al. (s.f.) trabajaron sobre un experimento en el cual se utilizaron 72 terneras Angus, de un peso vivo inicial de 170 kg. Los tratamientos utilizados fueron: T1 = 40% de heno de alfalfa, T2 = 70% de heno de alfalfa y T3 = 100% de heno de alfalfa. El tratamiento con 40 % de heno, presento un aumento de peso superando los 900 g/día, mientras que con 100 % de heno el aumento de peso no alcanzó los 400 g/día. Las terneras en la dieta más concentrada (T1) alcanzaron 289 kg de peso vivo, mientras que las que fueron alimentadas a 100 % heno (T3) pesaron 56 kg menos. El tratamiento con 70% de heno (T2) registró un aumento intermedio entre los anteriores. Es de destacar en ese sentido que el agregado de 30% de grano entero de maíz generó un aumento de casi el 50% superior al logrado sin grano (601 vs 390 g/día). Los resultados arrojaron que el consumo resultó semejante entre tratamientos durante la etapa a corral, pero la eficiencia de conversión empeoró con el incremento del nivel de fibra de manera exponencial.

Banchemo et al. (2015) realizaron un relevamiento de un total de 84 encierros comerciales de bovinos declarados entre los años 2011-2013 (MVOTMA. DINAMA, 2012). Noventa por ciento de los productores utilizaba para la alimentación del ganado algún tipo de ensilaje de planta entera. De los que usan ensilaje, el 81% utilizaba sorgo o la combinación de sorgo con maíz (11%) de maíz sólo (5%) o de granos con gramíneas (3%). Casi la totalidad del ensilaje utilizado (94%) es producido en el propio establecimiento. El resto comprado o la combinación de las dos.

Da Costa Eifert et al. (2004) evaluaron terneros de destete precoz con distintos niveles de concentrado (35, 45, 55 y 65%), utilizando ensilaje de

triticale como fuente de fibra. Los animales presentaron mejor respuesta para todas las variables (GMD; CMS; EC) a medida que disminuyeron los niveles de fibra y aumentaron los de concentrado. La eficiencia de conversión mostró una distribución cuadrática, obteniendo un máximo de 4,85 kg MS/kg peso vivo, para un nivel de 58,7 % de concentrado.

Simeone y Beretta (2011) realizaron un experimento donde evaluaron dos niveles de inclusión de ensilaje de planta entera de sorgo (10% vs 30%) y dos largo de picado (largo vs corto) en dietas para novillos en engorde a corral. En cuanto al nivel de inclusión se encontraron diferencias en performance productiva, mejorando en un 15% la eficiencia de conversión cuando la participación del silo pasa del 30% al 10%, mientras que no se encontraron diferencias significativas en el largo de picado del ensilaje.

2.2.2 Subproductos

Los subproductos de diversas agroindustrias, caracterizados por presentar un elevado contenido de fibra, aparecen como posibles fuentes a ser evaluadas. La sustitución del heno de alfalfa o gramíneas por afrechillo de trigo en dietas de feedlot altamente concentradas a base de cebada rolada (Parra et al., 2006), grano de maíz entero (Pordomingo et al., 2007), o sorgo molido (Beretta et al., 2008), ha demostrado no afectar a la ganancia de peso vivo o la eficiencia de conversión de novillos (Simeone y Beretta, 2010).

En proporción de 10 a 12% de la dieta, la cáscara de maní es muy utilizada para reemplazar totalmente la fuente de fibra larga (henos). Ofrecida sin moler, se le atribuye alta efectividad en generar el efecto fibra para mantener la motilidad ruminal (Utley et al., citados por Pordomingo, 2013).

Godio et al. (2007) llevaron a cabo un experimento con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de diferentes niveles de cáscara de maní (CM), sobre el consumo de materia seca (MS) total y de concentrado. Para el mismo se utilizaron 24 terneras con un peso inicial de $114,2 \pm 7,41$ kg. Se definieron 4 dietas (tratamientos) con la misma base concentrada y 10; 12; 14 ó 16% de la MS total de la dieta como CM. Los resultados demostraron que la inclusión de CM hasta el máximo nivel evaluado, provocaría incrementos del consumo de MS total, concentrado y CM, lo que podría resultar en una mejora del desempeño animal, contribuyendo además a evitar los disturbios digestivos propios de las dietas concentradas.

Sánchez (1976) elaboró un experimento para evaluar diferentes niveles de aserrín (15, 20, 25 y 30%) incluidos en una dieta, con 50 terneros Brangus, los animales promediaron 192 kg. Se pudo concluir que a medida que se fue incrementado el nivel de aserrín en la dieta, los pesos fueron decreciendo, aunque las diferencias más notables ($P < 0.01$) ocurrieron entre el grupo testigo y el tratamiento con 30% de aserrín. Las ganancias totales durante los primeros 60 días de estudio disminuyeron paralelamente al aumentar la cantidad de aserrín. Existiendo diferencias estadísticas ($P < 0.01$) entre todos los tratamientos, a excepción de las raciones con 20 y 25%, que fueron iguales entre sí.

Simeone y Beretta (2010) realizaron un experimento en el que se evaluaron distintas fuentes de fibra en dietas para confinamiento, estas fueron: retornable fino, cascara de arroz y heno de moha, siendo este último utilizado para el tratamiento testigo. Los terneros evaluados con heno como fuente de fibra presentaron ganancias medias diarias de 1.15 kg/día, consumos diarios en torno a los 5,5kg y una eficiencia de conversión promedio de 5,47 kg MS/kg PV y no existieron diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Por otra parte en la categoría de novillos presentaron diferencias significativas. Siendo el tratamiento con heno el que presentó mayor consumo con 11,5 kg/día, en cuanto a la ganancia media diaria presentó ganancias intermedias de 1,77 kg/día, mientras que en los tratamientos retornable fino y la cascara de arroz fueron de 2,02 y 1,51 kg/día respectivamente. El tratamiento de retornable fino obtuvo las mejores eficiencia de conversión con 4,97 kg MS/kg PV, los tratamientos de heno y cascara de arroz presentaron eficiencias muy similares que rondaron entre los 6 y 6,5 kg MS/kg PV.

Simeone y Beretta (2009) evaluaron el efecto de la sustitución de la fibra larga proveniente de paja de trigo por un subproducto como el afrechillo de trigo en novillos de la raza hereford. Las dietas fueron formuladas para aportar iguales niveles de FDN efectiva, energía metabolizable y proteína. Los resultados arrojaron que no hubieron diferencias en ganancia diaria entre tratamientos (paja trigo: 1.646 kg/d; afrechillo trigo: 1.745 kg/d; $P > 0.05$). Tampoco hubo diferencias en el consumo de materia seca registrándose eficiencias de conversión de 5.9:1 y 5.4:1, respectivamente. La fuente de fibra no afectó a ninguna de las características de carcasa evaluadas ($P > 0.05$), con excepción del pH a las 24 horas cuyo valor fue inferior para novillos que recibieron afrechillo de trigo (5.50 vs. 5.61; $P = 0.02$). Estos resultados concuerdan con los reportados por Elizalde (2009) y sugieren que cuando el forraje es incluido en bajos niveles (<15%) es posible sustituir una fuente de fibra larga por otra alternativa en tanto se mantengan similares consumos de fibra efectiva, sin afectar a la performance animal.

2.2.3 Granos

Pordomingo (2012) aseveró que existen evidencias experimentales (Pordomingo et al. 2002a, Elizalde et al. 2002, Maresca et al. 2003) y de productores en Argentina que coinciden en que es posible alimentar a corral con dietas sin fuente de fibra (sin heno o silaje), basadas solamente en grano, harina de girasol o de soja y un complemento mineral y vitamínico con un ionóforo (monensina o lasalocid)

Owens et al. (1997) realizaron un análisis conjunto de 605 ensayos de alimentación en confinamiento que incluyó información de 22.834 animales, concluyeron que el potencial del maíz entero para aumento de peso es equivalente al del maíz aplastado en seco o en húmedo e incluso superior al del silaje de grano húmedo, con altas eficiencias de conversión. Surge también de ese trabajo que la eficiencia energética (estimada como energía metabolizable) del grano de maíz ofrecido entero es superior a la del grano ofrecido aplastado. Los autores argumentaron que: a) frecuentemente las dietas de feedlot que incluyen maíz entero tienen menor contenido de fibra que dietas basadas en granos procesados. La mayoría de los «feedlots» estadounidenses que utilizan grano entero de maíz incluyen no más del 5% de la ración en alguna forma de fibra larga (Owens et al., 1997). Esa característica podría, en el caso de evaluaciones comparativas, sobredimensionar el valor energético del grano entero por transferir al grano una cualidad propia de toda la dieta (Owens et al., 1997); b) el grano entero promueve una mayor salivación (mayor efecto fibra efectiva) y mayor pH ruminal con lo que se esperaría una reducción de la acidosis subclínica y un mayor consumo (Stock et al., 1995); c) los efectos asociativos negativos (deletéreos) entre el almidón y la fibra en el rumen podrían ser inferiores en dietas con maíz enteros que en dietas con grano aplastado o molido, consecuencia de una mayor estabilidad ruminal (Zinn y Owens, 1983); y d) si la digestión del grano no se afecta, el uso de grano entero promueve un mayor pasaje de partículas de almidón sin fermentar hacia el tracto inferior, con la consecuente mejora en la eficiencia de utilización de la energía (almidón, Owens et al., 1986).

Pordomingo et al. (2002) realizaron un experimento con 48 novillitos y novillos 48 hereford ($155 \pm 9,7$ y $269 \pm 10,8$ kg de peso vivo). Se realizó durante 89 días, 3 tratamientos consistentes en 3 dietas que incluyeron: T1 = grano de maíz entero +harina de girasol + heno de alfalfa, T2 = grano de maíz entero+harina de girasol y T3 = grano de maíz entero + grano de avena entero +harina de girasol. Concluyendo que las dietas basadas en granos enteros de maíz o

maíz y avena con harina de girasol, no impide la expresión de un alto ritmo de engorde, similar al alcanzable en dietas balanceadas por fibra efectiva. La mezcla de granos enteros como maíz y avena en proporción 80:20 resultaría en aumentos de peso, eficiencia de utilización del almidón y eficiencia de conversión de la dieta equivalente o incluso superiores a los logrados con dietas basadas en maíz como único grano. No se detectaron efectos acidóticos o trastornos visibles en los tratamientos sin fibra.

Camps y González (2001) se refirieron al contenido de fibra cruda (FC) o fibra detergente neutra (FDN), como uno de los principales puntos donde descansa la diferencia del grano de avena con los demás cereales. Los granos de maíz, sorgo, trigo y centeno tienen un bajo contenido de fibra, que en general no supera el 2,8% sobre la materia seca. En contraste, la avena y la cebada presentan concentraciones de fibra cruda del orden de 5 y 6% para cebada y 12 a 13% para avena. Esta diferente composición en relación al mayor contenido de fibra de estos dos últimos granos es debida a que, la semilla, se encuentra recubierta por una envoltura que representa en promedio, en el caso de la avena, el 30% del peso del grano. La presencia de esta cubierta es la causa por la cual se clasifique a los granos de avena y cebada como "granos vestidos". Esta envoltura está compuesta casi en su totalidad, por paredes celulares que contienen un 30 a 40% de celulosa y otro tanto de hemicelulosa, las que son parcialmente digeridas por el rumiante, debido a la acción de las enzimas provenientes de la población microbiana que habita el rumen. El 8% de lignina que está incluida en esta cubierta no puede ser digerida por los bovinos ya que ni las bacterias, ni el animal poseen las enzimas para degradarla.

Rojas et al. (1989) realizaron un experimento, en el cual utilizaron 30 novillos de 250 kg de peso promedio, donde fueron evaluados con diferentes grados de inclusión de grano de avena entero (0%, 17,5%, 35%, 52,5% y 70%), disminuyendo los niveles de heno desde 86 al 20% a medida que el grado de inclusión de avena aumentaba. Los resultados permiten concluir que los niveles de avena empleados provocaron respuestas positivas y estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) en incremento de peso, consumo, eficiencia de conversión, rendimiento centesimal, área de lomo y cobertura de grasa. Los mejores niveles de inclusión se ubican entre 52,5 y 70% de la ración.

2.3 SÍNTESIS

Es ya conocida y estudiada la importancia de la fibra en dietas concentradas para confinamiento. Tradicionalmente se ha utilizado alimentos voluminosos para cubrir los requerimientos de fibra en dichas dietas, en los últimos años por distintos factores como las dificultades operativas para su transporte, conservación y suministro, se ha buscado su sustitución por otras fuentes de fibra alternativas que simplifiquen la operativa. Por esto se han realizado distintas investigaciones utilizando fuente de fibra corta como subproductos de la industria y granos. En las mismas se ha demostrado que es posible dicha sustitución sin tener efectos negativos en la performance animal.

Según las características de los distintos granos, los granos enteros de maíz y avena son de los más adecuados para su utilización como fuente de fibra para la sustitución de las fuentes tradicionales. Siendo este último con el que menos se ha generado información con este fin, incluso no se hallaron investigaciones en las que se haya utilizado el grano entero de avena como única fuente de fibra para ninguna categoría.

Por lo tanto, este trabajo pretende contribuir a la bibliografía existente sobre las distintas fuentes de fibra con información generada sobre grano entero de avena como fuente de fibra en dietas concentradas para confinamiento. Se considera que el experimento debe repetirse con el objetivo de evaluarlo en diferentes años y distintas categorías.

2.4 HIPÓTESIS

En dietas concentradas elaboradas para la alimentación de terneros a corral (ADT), es posible sustituir total o parcialmente la fibra larga por grano entero de avena (GEA), sin afectar la performance ni la eficiencia de conversión.

Dadas sus características de grano “vestido” y su alto aporte de FDN en comparación al resto de los granos, podría ser una opción viable para suplementar o sustituir las fuentes de fibra tradicionales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO 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), Facultad de Agronomía, ubicada en el litoral norte del Uruguay en el departamento de Paysandú; a 32°22'41” de latitud sur, y 58°03'50” de longitud oeste, a 59 metros sobre el nivel del mar.

El trabajo experimental se realizó con animales en confinamiento en un lapso de 67 días, comenzando el 27 de julio y finalizando el 5 de octubre del año 2015, constando de una fase inicial de acostumbramiento a las dietas experimentales de 38 días (19/06/2015 al 27/07/2015).

3.2 CLIMA

El departamento de Paysandú cuenta con un régimen de precipitaciones de 1200 milímetros anuales, una humedad relativa de 75% y una temperatura media anual de 17,5°C, variando entre un máximo promedio de 23,3°C y un mínimo promedio de 12,2°C (MDN. DNM, 2015).

Cuadro 3. Medias mensuales históricas de temperatura, precipitaciones y humedad relativa de los meses del período experimental.

PARÁMETROS	junio	julio	agosto	setiembre	octubre
T(°C)	11,7	11,8	12,9	14,6	17,5
HR(%)	80	79	75	73	72
RR(mm)	70	71	73	91	122

Fuente: MDN. DNM (2015).

Como se observa en el cuadro 3 durante el periodo experimental las temperaturas fueron en aumento desde 11,8 grados celsius promedio en julio hasta los 17,5 grados Celsius alcanzados en octubre mes de la finalización del mismo, por su parte la humedad relativa descendió desde un 79% en el mes de julio a un 72% en el mes de octubre y en cuanto a las precipitaciones aumentaron de 71 mm a 122mm en los mismos meses.

3.3 INFRAESTRUCTURA

Se utilizaron 8 corrales techados (5 x 3 m cada uno), delimitados perimetralmente por hilos electrificados, provistos con dos comederos por corral y bebedero con agua a voluntad. Entre ambos comederos se formaba un frente de acceso de 180 cm.

El suministro de agua se realizaba en tarrinas cortadas transversalmente, de 58 cm de diámetro y 45 cm de altura, ubicadas en el extremo opuesto del corral.

La superficie techada cubría un tercio de los corrales, sobre el área de comederos.

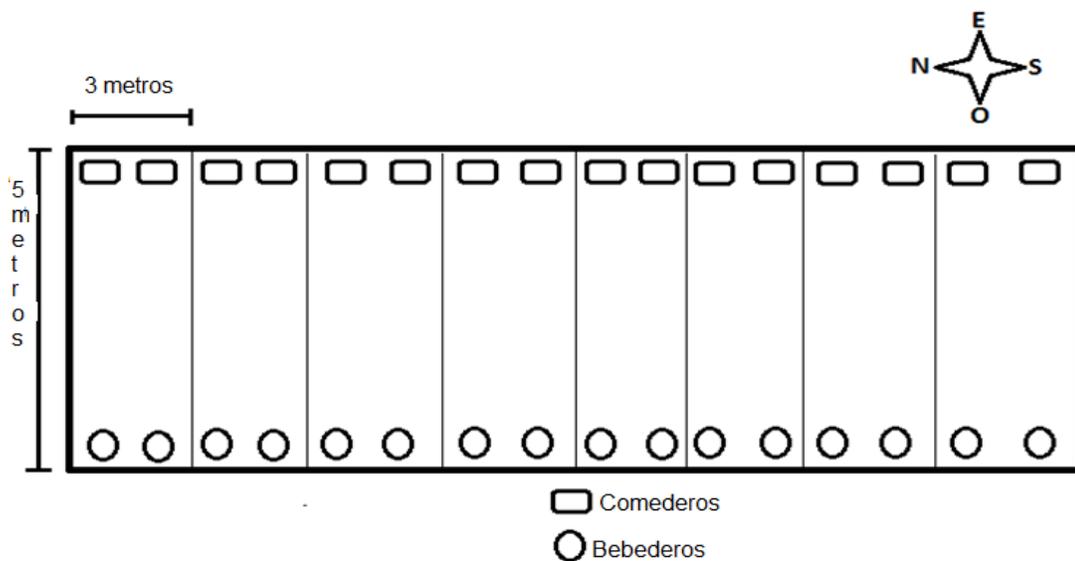


Figura 2. Esquema del corral experimental.

3.4 ANIMALES

Fueron utilizados 24 terneros Hereford (177 ± 18 kg) provenientes del rodeo experimental de la Estación Experimental M. A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía (Paysandú) nacidos en la primavera del 2014 y destetado precozmente en diciembre del mismo año.

3.5 ALIMENTO

Fueron formuladas cuatro raciones totalmente mezcladas difiriendo en el nivel de grano entero de avena en sustitución de heno de moha, las mismas se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Composición de ingredientes las raciones experimental.

Formula (% en BS)	TRATAMIENTO			
	0% GEA	7% GEA	14% GEA	21% GEA
Heno picado de moha	21	14	7	0
Grano de avena	0	7	14	21
Grano de sorgo	48,2	48,2	48,2	48,2
Afrechillo de trigo	12,5	12,5	12,5	12,5
Expeler de girasol	12,5	12,5	12,5	12,5
Urea	1,0	1,0	1,0	1,0
Melaza	2,0	2,0	2,0	2,0
Zoodry feedlot	0,2	0,2	0,2	0,2
Carbonato de calcio	1,7	1,7	1,7	1,7
Sal común Na Cl	0,7	0,7	0,7	0,7
Rumensin (10% monensina)	0,1	0,1	0,1	0,1
Levadura beef-sacc	0,09	0,09	0,08	0,07
Total	100	100	100	100

3.6 TRATAMIENTOS

1. 0% de GEA- 21% Heno de moha (testigo)
2. 7% de GEA- 14% Heno de moha
3. 14% de GEA- 7% Heno de moha
4. 21% de GEA- 0% Heno de moha

Los animales fueron asignados al azar a ocho grupos y estos sorteados a una de las cuatro dietas experimentales (n= 2/tratamiento). Cada tratamiento quedo integrado por dos repeticiones, cada repetición integrada por tres terneros ocupando un mismo corral.

3.7 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.7.1 Periodo pre-experimental

Los animales fueron pesados el 17/6/2015 y gradualmente introducidos a las dietas experimentales durante 38 días (del 19/6/15 al 27/6/15).

Los dos primeros días no se les suministró alimento a los terneros, pero sí agua en bebederos. El día 19 de junio se traslada a los animales a los corrales experimentales, en donde se dividen en grupos de tres utilizando dos grupos por tratamiento. Allí se comenzó a suministrar fardos de alfalfa de buena calidad a razón de 1,5% del peso vivo (2,67kg/ animal/día BF), lo más desagregado posible, colocando por encima de éste la ración, a razón de 200 g/animal/día.

Los días siguientes se siguió suministrando la misma cantidad de fardo y se aumentó la ración a razón de 200 g/animal/día, hasta que los animales comenzaron a dejar un rechazo mayor al 10% alcanzando 5,33 kg de ración, que sumado a los 2,67kg de fardo conforman un consumo total de 8kg. El 15 de julio se comenzó a sustituir la dieta de acostumbramiento por la experimental a razón de 600g/día. Luego de un periodo de transición de doce días, se comenzó a suministrar solo la dieta experimental. El 27 de julio de 2015 se pesaron los animales y comenzó el experimento.

3.7.2 Periodo experimental

En el día 1 del periodo experimental los terneros fueron pesados, constituyendo este registro la co-variable de peso de inicio.

El alimento fue ofrecido *ad libitum* distribuido en tres comidas diarias de cantidades iguales, suministrado a las 8:00, 12:00 y 18:00 horas, regulándose la cantidad diaria ofrecida de forma que el rechazo de alimento no fuera menor al 10% del ofrecido. Cuando los animales dejaban rechazos menores al 10% en dos mediciones consecutivas se aumentaba 5% de alimento ofrecido.

3.8 MANEJO SANITARIO

El día de selección de animales se vacunó a los mismos con ivermectina para realizar un control parasitario.

El 24 de agosto del 2015 se aplicó piojicida por una circunstancia puntual de presencia de piojos en los animales vecinos. El 5 de octubre del 2015 finalizado el periodo experimental se realizó una segunda vacunación a todos los individuos.

3.9 DETERMINACIONES

3.9.1 Peso vivo

Los animales se pesaron cada 14 días sin ayuno, siempre por la mañana sin orden predeterminado de ingreso, mezclados todos los tratamientos.

3.9.2 Altura al anca

A inicio y final del periodo de alimentación a corral se registró la altura al anca del animal.

3.9.3 Consumo de alimento

El consumo diario de alimento se estimó como la diferencia entre la cantidad de MS de alimento total ofrecido (kg/corral) y la cantidad de MS rechazada (kg/corral).

Previo al suministro de la primer comida, se pesaba el rechazo en base fresca presente en el comedero del día anterior en cada corral, sin retornarlo al comedero.

Una vez por semana se tomaban muestras del alimento ofrecido y del residuo para la determinación del contenido de MS. Las muestras eran secadas en estufa durante 48 horas a 60 °C y conservada para posterior realización de análisis químico.

3.9.4 Caracterización de la fibra efectiva

El contenido de fibra efectiva de las dietas se estimó como el producto entre el contenido de FDN y el factor de efectividad de la fibra. Este último se estimó utilizando el separador de partículas Penn State (Heinrichs y Kononoff, 2002) en muestras de las RTM experimentales ofrecidas tomadas los lunes y sus respectivos rechazos, este procedimiento se realizó una vez por cada semana experimental en todas las repeticiones experimentales.

3.9.5 Digestibilidad aparente y comportamiento animal

En la semana 9 del periodo experimental se realizó la estimación de la digestibilidad aparente de la materia seca del alimento (DMS) y la caracterización del comportamiento animal.

La DMS fue estimada a partir de la concentración de cenizas insolubles en detergente ácido utilizada como marcador interno (Van Keulen y Young, 1977) en el alimento y en heces. Durante tres días consecutivos (14,15 y 16 de setiembre), se tomaron muestras de heces de todos los animales dos veces al día así como del alimento ofrecido y rechazado, las que fueron luego compuestas en una muestra de heces y rechazos por corral.

Los días 17 y 18 de setiembre se realizó durante el período de horas luz, observaciones de comportamiento animal registrando cada 15 minutos la actividad de consumo, rumia, o descanso para la totalidad de los animales.

3.9.6 Registros climáticos

Los registros climáticos de la temperatura, humedad relativa y precipitaciones, para los meses correspondientes al periodo experimental, fueron tomados de la estación meteorológica de la EEMAC.

3.9.7 Análisis químico

Las muestras secas de alimento ofrecido y rechazos tomadas semanalmente fueron molidas (1 mm) y luego agrupadas en una muestra compuesta por tratamiento para el ofrecido y una muestra por repetición para rechazo.

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

La ceniza es el residuo inorgánico de una muestra incinerada a 600°C (AOAC, 2012).

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 (AOAC, 2012).

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

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

3.10 VARIABLES CALCULADAS

3.10.1 Ganancia media diaria

La ganancia media diaria (GMD) se estimó como la regresión del peso vivo en los días experimentales.

3.10.2 Eficiencia de conversión

La eficiencia de conversión (EC) fue estimada como el cociente entre el consumo materia seca promedio diaria y la ganancia media diaria para el periodo experimental en cada unidad experimental.

3.10.3 Composición química del alimento consumido

La composición química del alimento consumido se estimó a partir de la diferencia entre la composición química del alimento ofrecido y la composición del alimento residual.

3.11 ANALISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado mediante modelos lineales correspondientes a un diseño de parcelas al azar, considerando como una unidad experimental a cada grupo de animales por corral, utilizando un modelo

general, incluyendo el efecto de la media general y el efecto de tratamiento, del tipo:

$$Y_{ij}: \mu + T_i + \beta_1 x_1 + \varepsilon_{ij},$$

Donde

Y_{ijk} : variable de respuesta (peso vivo y altura final, eficiencia de conversión, digestibilidad de la materia seca, consumo de nutrientes, etc.)

T_i : efecto del i -ésimo nivel de sustitución de heno de moha por GEA ($i=0\%$; 7% ; 14% y 21%)

$\beta_1 x_1$ coeficiente de regresión asociado a la covariable peso de inicio

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 auto correlación entre las medidas repetidas de peso vivo.

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

$$Y_{ijklm} = \beta_0 + \zeta_j + \varepsilon_{jk} + \beta_1 d_1 + \beta_{1j} \zeta_j d_1 + \beta_2 PV_{jk} + \sigma_{ijklm}$$

Donde

Y_{ijklm} : Peso vivo (PV)

β_0 : intercepto

ζ_j : efecto del j -ésimo nivel de GEA ($j=0\%$; 7% ; 14% y 21%)

ε_{jk} : error experimental

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

β_{1j} : es la pendiente del peso vivo en función de los días para cada nivel de GEA

β_2 : es la pendiente que afecta a la covariable PV al inicio del experimento (PV_{jk})

σ_{ijklm} : 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:

$$Y_{ijklm} = \mu + \zeta_j + \varepsilon_{jk} + S_l + (\zeta S)_{jl} + \sigma_{ijklm}$$

Donde

Y_{ijkl} : consumo de materia seca, rechazo

μ : media general

ζ_j : efecto del j-ésimo nivel de inclusión de GEA (j= 0%; 7%; 14% y 21%)

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

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.

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

Donde

P es la probabilidad de consumo, rumia o descanso.

b_0 es el intercepto

ζ_i es el efecto de los tratamientos

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, fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM de SAS de acuerdo al modelo lineal general de la forma $Y_{ij} = \mu + \zeta_j + \varepsilon_{ij}$.

Cuando el efecto del tratamiento fue significativo, se analizó la significancia del efecto lineal y cuadrático asociado al nivel de inclusión de GEA. Se consideró un efecto estadísticamente significativo cuando la probabilidad de error Tipo I fue menor al 5% y una tendencia cuando este fue menor al 10%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 REGISTROS CLIMÁTICOS

En el cuadro 5 se detallan las temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales así como las precipitaciones y la humedad relativa registradas durante el período experimental.

Cuadro 5. Temperaturas medias, máximas y mínimas, precipitaciones y humedad relativa durante el período experimental.

	junio 8-30	julio	agosto	setiembre	octubre 1-2
Temperatura media (°C)	12,1	12,3	15,9	14,1	16,2
Temperatura máxima (°C)	25,1	27,2	32,3	29,3	26,4
Temperatura mínima (°C)	-1,7	-0,1	3	1,2	9,7
Precipitaciones (mm)	37	22	255	82	33
Humedad relativa (%)	71	77	80	70	77

Fuente: FA. EEMAC.¹

Tanto la temperatura media (14,1°C) como las precipitaciones acumuladas (430mm) en el período experimental, no variaron con respecto a los registros históricos, ya que el promedio histórico del período junio – octubre es de 13,7°C ($\pm 2,4^\circ\text{C}$) y 427mm ($\pm 22\text{mm}$) respectivamente, por lo que con respecto a estas variables climáticas el “efecto año” sobre la performance de los animales estaría dentro de lo esperado.

La fisiología, el comportamiento y la salud del ganado son marcadamente influenciados por el medioambiente en el cual el ganado vive, que puede afectar significativamente el desempeño del mismo (Balling 1980, MAFF 2000). Asociado a la distribución de las precipitaciones, el nivel de barro en el corral fue aumentando a medida que avanzó el período experimental, acentuándose en los últimos 2 meses. Con el fin de apaciguar el estrés animal y

¹ Facultad de Agronomía. EEMAC. Estación Meteorología 2015. Registros climáticos para el año 2015 (sin publicar).

eventuales aumentos en el costo de mantenimiento que disminuirían la performance animal se realizaban remociones periódicas del barro acumulado, coincidiendo con el momento en que los animales eran llevados a las mangas para pesarse.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS DIETAS

Las raciones experimentales ofrecidas fueron isoproteicas con similares porcentajes de MS, PC y NIDA. Sin embargo a medida que aumentaron los niveles de GEA, los porcentajes de FDNmo y FDAmo disminuyeron un 8,86 y 7,0 unidades porcentuales respectivamente, entre los tratamientos 0 y 21 % de GEA. Por su parte el extracto etéreo aumentó 1,22 puntos porcentuales.

Cuadro 6. Composición química de las raciones experimentales difiriendo en el nivel de inclusión de grano entero de avena (GEA) en sustitución del heno de moha. (Valores promedio para el periodo de evaluación).

	TRATAMIENTO			
	GEA 0%	GEA 7%	GEA 14%	GEA 21%
Materia seca %	89,74	87,37	89,09	90,29
Proteína cruda%	13,94	14,14	14,38	14,16
NIDA% (%N X6,25)	1,59	1,45	1,28	1,56
aFDNmo %	38,43	34,07	30,56	29,57
FDAmo%	19,61	15,55	13,81	12,53
Extracto etéreo %	1,64	1,92	2,12	2,86
Cenizas %	7,11	7,03	5,89	6,38

Nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA), fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas (aFDNmo), fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDAmo).

A efectos de considerar posible selección en el comedero en el cuadro 7 se presenta la composición química y DMS del alimento consumido.

Cuadro 7. Digestibilidad de la materia seca (DMS) y composición química de lo consumido.

	TRATAMIENTOS				P valor del efecto	
	<i>GEA 0%</i>	<i>GEA 7%</i>	<i>GEA 14%</i>	<i>GEA 21%</i>	<i>Lineal</i>	<i>Cuadrático</i>
DMS (%)	62,35	69,68	76,17	90,92	0,008	0,3389
PC (%)	14,32	14,42	14,52	14,19	0,4754	0,0716
FDN (%)	37,97	36,55	30,62	29,97	0,0002	0,3187
EE (%)	1,48	1,8	1,95	2,83	0,0006	0,0179

Nota: digestibilidad de materia seca (DMS%), proteína cruda (PC%), fibra detergente neutra (FDN%), extracto etéreo (EE%).

Comparando el alimento consumido (cuadro 7) con el ofrecido (cuadro 6) no se observó una marcada selección por nutrientes de parte de los animales, ya que los porcentajes de PC, FDN y EE, fueron muy similares.

La DMS fue afectada por el tratamiento ($P=0,0029$), así como la concentración de FDN ($P=0,0008$) y EE ($P=0,0018$), registrándose para DMS y la concentración de EE una respuesta lineal positiva, para niveles de inclusión de GEA, mientras que para FDN la respuesta fue lineal negativa.

El notorio aumento de los niveles de extracto etéreo a medida que disminuye la proporción de heno y aumenta el porcentaje de grano entero de avena, se debió probablemente a la diferencia del contenido de grasas de estos dos componentes, según Mieres (2004) los niveles de extracto etéreo del heno de moha y grano entero de avena son, 1,75% y 4,85% respectivamente. No obstante esto, las RTM se mantuvieron dentro de 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.

En la figura 3 se presenta el cambio en digestibilidad de la materia seca y en la concentración de fibra detergente neutra con los distintos niveles de grano de avena entero.

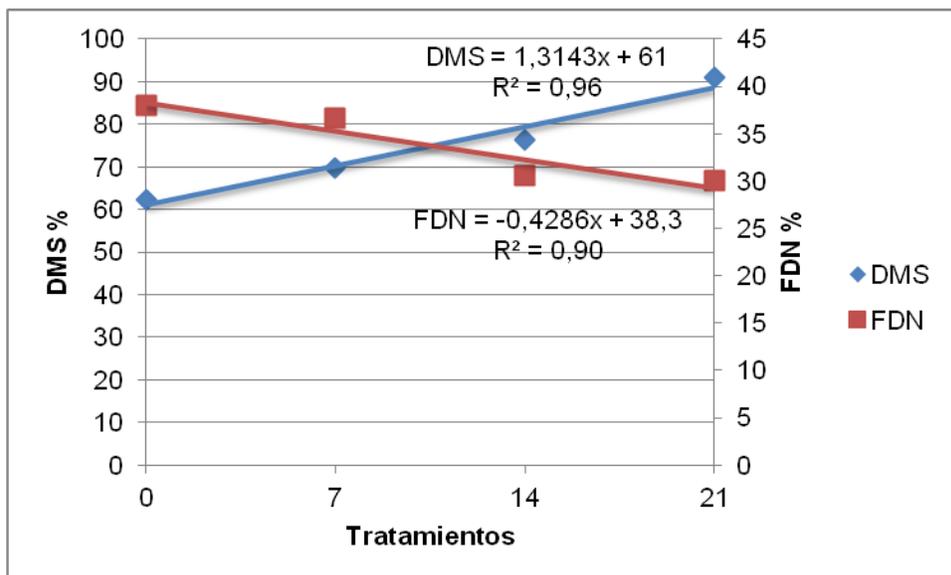


Figura 3. Efecto del grado de inclusión de grano entero de avena (GEA) en la ración sobre la digestibilidad de materia seca (DMS) y concentración de fibra detergente neutra (FDN).

La digestibilidad de la materia seca presentó una respuesta lineal positiva al aumento de los niveles de inclusión de grano de avena entero, aumentando en 1,3 puntos porcentuales por cada unidad porcentual de aumento en el nivel de grano entero de avena. Por su parte la concentración de FDN fue inversa, disminuyendo 0,43% por cada 1% de grano entero de avena en la RTM.

La variación en los porcentajes de FDN, FDA y DMS (cuadros 6 y 7), se debió al contenido de heno de moha y grano entero de avena, ya que son los únicos componentes que difieren en las cuatro RTM. Dichos porcentajes están también relacionados entre sí. Como lo mencionan Linn et al., Weiss, citados por Cruz et al. (2000) el contenido de FDA se correlaciona negativamente con la digestibilidad de los alimentos, ya que esta fracción contiene componentes de la pared celular como la lignina que inhiben la acción de los microorganismos ruminales para la degradación de la misma.

La disminución en los niveles de FDN y FDA a medida que se sustituye heno por grano entero de avena, se explica por la diferencia que estos presentan, Mieres (2004) señaló que el heno de moha presenta en promedio

niveles de FDN y FDA de 64,30% y 46,78%, respectivamente, mientras que el grano entero de avena presento valores del 34,58% y 18,03%, respectivamente. Los niveles de FDN y FDA para el heno de moha usado en el presente experimento superan los mencionados anteriormente siendo 79.19% y 49.31% respectivamente. En cuanto al GEA no se realizaron análisis químico de este componente en solitario pero los cambios que presentan las raciones al variar el contenido de GEA se adecuan a los niveles mencionados por dicho autor. Estos menores niveles de FDA por parte de GEA explicarían en parte su aporte a una mayor digestibilidad por lo mencionado anteriormente, otro factor que estaría aportando a esto sería su elevado contenido de almidón altamente digestible.

Estudios realizados por Herrera-Saldana et al. (1990) mostraron que se encontraron diferencias entre avena, trigo, maíz, cebada y sorgo, en lo que refiere a degradación del almidón. La avena a los 60 minutos, fue el grano que más se degradó. Esto refleja las características físico-químicas de la proteína y del almidón altamente degradable aportado por la avena.

En el cuadro 8 se presenta el efecto del nivel de inclusión de GEA en sustitución del heno de moha sobre la distribución del tamaño de partícula y el contenido de fibra efectiva en el alimento ofrecido y rechazado.

Cuadro 8. Efecto del nivel de inclusión de grano entero de avena (GEA) en sustitución del heno de moha sobre la distribución del tamaño de partícula y contenido de fibra efectiva en el alimento ofrecido y en los rechazos.

	Tratamientos				P valor del efecto	
	0% GEA	7% GEA	14% GEA	21% GEA	Lineal	Cuadrático
Distribución de partícula según tamaño*	Alimento ofrecido					
19mm	18,25	12,5	7,00	0	<.0001	0,1353
8mm	1,50	1,25	0,75	0,22	<.0001	0,5142
1,18mm	33,50	43,0	46,0	59,0	<.0001	0,3438
Bandeja inferior	46,75	43,25	46,25	39,89	0,0923	0,5361
Fef	0,51	0,54	0,51	0,59	0,032	0,3305
FDNfe	19,71	18,59	15,69	17,46	0,004	0,0432
Distribución de partícula según tamaño*	Alimento rechazado					
19mm	10,39	10,51	5,14	0,46	<.0001	0,1026
8mm	3,30	2,93	2,3	0,79	0,0017	0,2601
1,18mm	31,38	39,13	43,76	50,98	<.0001	0,9095
Bandeja inferior	54,93	47,43	48,81	47,78	0,0696	0,1674
Fef	0,45	0,53	0,51	0,52	0,0696	0,1674
FDNfe	24,21	22,03	14,82	12,29	0,0016	0,9063

Nota: *porcentaje de partículas retenido según tamaño de tamiz; fef: factor de efectividad, corresponde a la suma de las fracciones mayores a 1,18 mm; FDNfe: fibra detergente neutro físicamente efectiva (FDNxfef).

La distribución de partículas mayores a 19 mm, 8 mm y 1,18 mm presentó diferencias significativas entre tratamientos tanto en el alimento ofrecido como en el rechazado. La proporción de partículas mayores a 19 mm y de 8 a 19 mm disminuyó en forma lineal al aumentar el contenido de GEA en

la ración, sin embargo la fracción 1,18 a 8 mm aumentó, determinando un incremento en el total de partículas mayores a 1,18, representando el factor de efectividad (fef) tanto para el alimento ofrecido como para su rechazo. Por cada 1% de aumento en contenido de GEA el fef aumentó 0,0031 para el ofrecido y 0,0027 para el rechazo. Como consecuencia de ello y del contenido de FDN en la ración el contenido de FDNfe en las RTM evolucionó en forma cuadrática al aumentar el contenido de GEA ($FDNfe = 0,0147x^2 - 0,4475x + 20,033$, $p=0,043$), registrándose niveles máximos de 20% para 0% de inclusión de GEA y mínimos de 16,6% para 15,2% de inclusión de GEA.

El contenido de partículas menores a 1,18 mm en las dietas ofrecida como en sus rechazos presentaron una tendencia lineal decreciente a medida que se aumentaba el grado de inclusión de GEA. En el alimento ofrecido el porcentaje de dichas partículas disminuyó -0,2511 por cada aumento de 1% en el grado de inclusión de GEA, en cuanto al alimento rechazado la disminución fue de -0,2867.

La diferencia en la distribución en el tamaño de partícula para los tratamientos se da por las características físicas que presentan el heno y el grano de avena (Tamaño de partícula).

La relación entre el fef y el aumento en la proporción de partículas mayores a 1,18 mm se debe a que como mencionan Heinrichs y Kononoff (2006), las partículas de alimento menores a dicho tamaño o se digieren rápidamente en el rumen o pasan rápidamente por el mismo, siendo las mayores a 1,18 mm las que presentan un efecto promovedor de la rumia. Según García y Kalscheur (2016) la concentración de FDN no se relaciona muy bien con la "efectividad de la fibra." Lo que importa en realidad no es el porcentaje de FDN de la dieta, sino el tamaño de la partícula del forraje del que proviene ese FDN.

A pesar de que los niveles de FDN disminuyen al suplantar el heno por avena la disminución de FDNfe es mínima, ya que el factor de efectividad aumenta con el nivel de GEA. Esto puede deberse a que el tamaño de los granos es mayor a 1,18 mm y relativamente homogéneo en el tamaño de partículas. Sin embargo por su parte el tamaño del heno (picado) a pesar de presentar partículas mayores a 8 y 19 mm por ser menos homogéneo también presenta partículas menores a 1,18 mm, llevando a una menor acumulación de partículas de dicho tamaño que el GEA.

Las diferencias que se observaron en cuanto a la distribución de partículas entre el alimento ofrecido y el rechazado, sugirió que los animales seleccionaron a favor de un mayor tamaño de partículas, ya que el rechazo

presento una clara disminución en las partículas de mayor tamaño y un aumento en el porcentaje de partículas menores a 1,18 mm.

4.3 CONSUMO DE MATERIA SECA

El consumo de materia seca fue afectado significativamente por el tratamiento ($P= 0,0324$), la semana experimental ($P<.0001$), por interacción entre ambos ($P<.0001$) y el día dentro de la semana ($P<.0001$). Sin embargo la interacción entre este último factor y el tratamiento no fue significativa ($P= 0.3102$).

Por su parte el consumo de materia seca como porcentaje del peso vivo también se vio afectado significativamente por el tratamiento ($P= 0.0096$), semana experimental ($P<.0001$), interacción entre ambos ($P<.0001$), día dentro de la semana ($P=0,0019$) y la interacción entre día dentro de la semana y tratamiento no fue significativa ($P=0,8241$).

En la figura 4 se observa la evolución del consumo diario promedio con respecto a los distintos grados de inclusión de grano entero de avena.

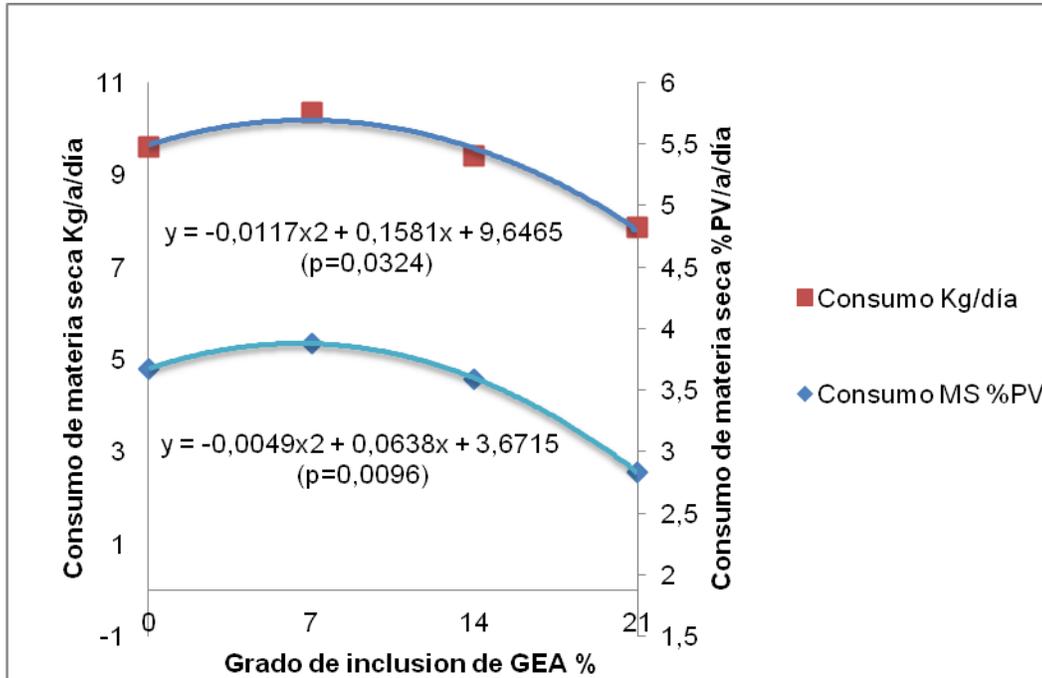


Figura 4. Consumo diario de materia seca en terneros según el porcentaje de inclusión de grano entero de avena (GEA) en la ración, en sustitución de heno de moha.

A medida que se incrementó el nivel de GEA en la RTM el consumo respondió en forma cuadrática ($P=0,0324$) maximizándose en 10,18 kg/a/día para un 6,8 % de GEA en la RTM.

Se pudo suponer que la limitante en el consumo hasta alcanzar el 6,8% inclusión de GEA fue el llenado físico del rumen, debido a que hasta dicho punto aumento el consumo mientras disminuía el porcentaje de alimento voluminoso. Luego de superado dicho grado de inclusión comenzó una disminución en el consumo en conjunto con la disminución del alimento voluminoso, por lo que habría cambiado la limitante.

Según Roseler, citado por Cruz y Sánchez (2000) existen factores físicos y fisiológicos que afectan el consumo del ganado lechero y ruminantes en general. Los factores físicos incluyen el tamaño corporal del animal, la capacidad del intestino, así como el volumen de fibra en la dieta, cantidad de concentrado ofrecido y número de parto de la vaca y período de lactación.

Dietas ricas en FDN y de baja densidad energética reducen el consumo de MS por efecto de un llenado físico. Por el contrario contenidos bajos de FDN y altos de energía regulan el consumo al satisfacerse el requerimiento de energía.

Por su parte Mertens (1987) afirma que el potencial del llenado del rumen, en un momento dado (estático) depende de la capacidad ruminal del animal y la capacidad del alimento para ocupar espacio: "Efecto llenado de alimento". El potencial de llenado en un periodo de tiempo (dinámico) implica que a los elementos anteriores se agrega la velocidad de desaparición o vaciado, menor es el tiempo de permanencia de la ingesta en el retículo rumen y, por tanto, mayor velocidad de la reposición de la digesta. La desaparición del alimento desde el retículo rumen ha sido descrita por dos procesos principales: digestión y pasaje (Martens et al., 1982).

Rearte y Santini (1989) también se refirieron a la limitación de consumo por «efecto del llenado físico del rumen» o por un «efecto metabólico». Cuando la dieta alcanza un nivel de 32% de FDN se lo considera como valor medio entre ambos efectos; por arriba de ese valor el consumo es limitado por llenado físico, afectándose el consumo más marcadamente que cuando se suministra dietas con altas proporciones de FDN, superiores al 60-65%, como es el caso de los forrajes groseros (rollos, algunos silajes, pasturas maduras, rastrojos, etc.). Por debajo de aquel valor medio el consumo es limitado por «efecto metabólico» cuando se emplea altos niveles de concentrado superando valores del 75% de digestibilidad de la MS de la dieta (Fernández, 1989).

Por lo mencionado por estos autores, se pudo suponer que al ser evaluados animales jóvenes le significó un menor tamaño ruminal y que por dicha razón el tratamiento que utilizó únicamente alimento voluminoso (heno moha) como fuente de fibra y que contenía el mayor nivel de FDN, haya visto limitado su consumo por el llenado físico del rumen.

Al aumentar la concentración de GEA, aumenta el aporte de almidón el cual es un carbohidrato de fácil digestión; esto induce el crecimiento de una flora amilolítica que está asociada a un cambio en el ph del rumen. En estas condiciones se aumenta la proporción de propionato. Sin embargo, aunque la concentración del mismo aumenta nunca es mayor que la producción de acetato. Según Van Lier y Regueiro (2008) al aumentar el consumo de concentrados, además de variar las proporciones de los distintos AGV, aumenta considerablemente la producción total de los mismos. Esto podría explicar la disminución en la ingesta al aumentar los niveles de GEA por encima de 6,8%, ya que una elevada concentración de acetato en el rumen y propionato en sangre muestran un rápido y marcado efecto inhibitorio del consumo (Baile y Mayer 1970, Raggi Saini 1988).

Otra probable razón para la disminución del consumo luego de superado el 6,8% de inclusión de GEA, pudo ser que el aumento de GEA en la ración y disminución del porcentaje de heno, también significa un aumento en la digestibilidad (ver cuadro 7), dicho aumento pudo presentar efectos positivos en el consumo hasta un determinado nivel de digestibilidad (6,8% de inclusión de GEA y 69,9% de digestibilidad), desde el cual el efecto pasaría a ser restrictivo. Esto coincidiría con lo publicado por Fernández (1998), el cual afirmó que a medida que aumenta la digestibilidad del alimento, aumenta el consumo tanto de MS como de energía, hasta un cierto nivel de digestibilidad (65-68%) en el cual se obtiene el máximo consumo de ambos parámetros. De ahí en adelante, se reduce el consumo de MS y se mantiene más o menos constante el de energía; esto ocurre hasta aproximadamente el 80% de digestibilidad total de la dieta, a partir de este momento se reducen ambos por trastornos metabólicos (dietas con altos niveles de concentrado). Por su parte Montgomery y Baumgardt, citados por Rojas y Contrera (1992) indicaron que el consumo voluntario es máximo con raciones que presentan hasta 56% de digestibilidad de la materia seca y es mínimo con digestibilidad de 69%.

Otra usual restricción en el consumo de materia seca, para animales en confinamiento se da por trastornos digestivos como la acidosis, pero este no fue el caso en ninguno de los tratamientos ya que no se observaron los síntomas usuales. Según Nagaraja y Lechtenberg (2007) los signos de acidosis son más evidentes con la acidosis aguda, normalmente se tornan aparentes 12 a 36 horas después de consumir grano de forma compulsiva y primero se observa incoordinación seguido por letargia. Luego presenta estasis ruminal debido al cese de la motilidad del mismo. Las heces serán inicialmente pastosas para luego tornarse acuosas y espumosas con un olor fetido. Dentro de las 24 a 48 horas siguientes se desarrolla una deshidratación significativa. En casos graves se observa a los animales decumbentes, con la cabeza metida en el flanco.

Fox y Tedeschi (2002) recomiendan para dietas de feedlot altamente concentradas, valores de FDNeF variando entre 7 y 10% de la materia seca de la dieta. Estos autores fundamentan su recomendación en que serían los niveles requeridos para mantener el pH del rumen por encima de 5.7, valor a partir del cual comenzaría a afectarse el consumo de materia seca. Estos niveles mínimos fueron respetados y superados en las cuatro dietas experimentales, razón por la que se puede suponer que los animales no presentaron trastornos digestivos.

En la figura 5 se presenta la variación del consumo de materia seca entre semana para los distintos tratamientos.

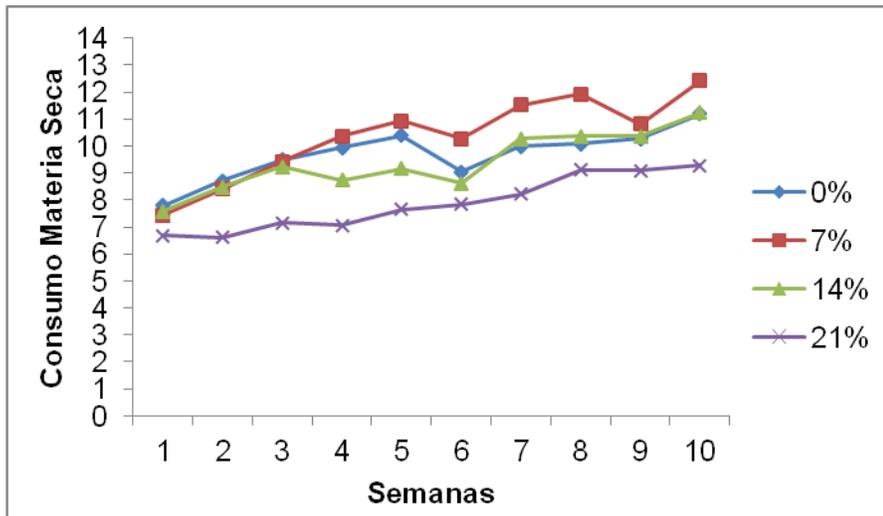


Figura 5. Consumo de materia seca promedio para cada semana.

Si bien la ingesta de materia seca de los cuatro tratamientos tendió a aumentar a medida que avanzó el experimento, las diferencias tendieron a acentuarse con el transcurso del tiempo, asociado al desarrollo diferente de los animales así como a un consumo más estable de GEA= 21%.

En cuanto al resto de los tratamientos los consumos fueron muy similares hasta la tercera semana donde los terneros consumiendo 7% de avena comenzaron a diferenciarse con los mayores consumos, lo que se mantuvo hasta el final del experimento.

4.4 CONSUMO DE NUTRIENTES

El consumo de materia seca digestible fue afectado significativamente por el tratamiento ($P=0,0315$), igual que los consumos de proteína cruda ($P=0,0207$), fibra detergente neutra ($P=0,0044$) y extracto etéreo ($P=0,0208$).

En el cuadro 9 se presentan las medidas ajustadas por tratamiento.

Cuadro 9. Materia seca digestible, proteína cruda, fibra detergente neutra y extracto etéreo promedio consumido diariamente.

	TRATAMIENTO				P valor del efecto	
	0% GEA	7% GEA	14% GEA	21% GEA	Lineal	Cuadrático
CMSD (kg/día)	5,85	7,19	6,99	6,96	0,024	0,026
CPC (kg/día)	1,35	1,49	1,34	1,09	0,014	0,016
CFDN (kg/día)	3,57	3,77	2,82	2,3	0,0015	0,032
CEE (kg/día)	0,14	0,19	0,18	0,22	0,0066	0,59

Nota: consumo de materia seca digestible (CMSD); consumo de proteína cruda (CPC); consumo de fibra detergente neutra (CFDN); consumo extracto etéreo (CEE).

El CMSD presenta un valor mínimo en el tratamiento 0% de GEA, e incrementa en forma cuadrática alcanzando un máximo de 7,24 kg/día para 13,87% de inclusión de GEA, registrando luego una leve disminución hasta 6,89 kg/día para el tratamiento de 21%. Las diferencias entre CMS y CMSD se deben a las diferentes digestibilidades que presentan las RTM por lo ya mencionado anteriormente.

A pesar de que las RTM para los cuatro tratamientos no presentaron diferencias significativas para proteína cruda, el consumo de proteínas cruda sí se vio afectado por el tratamiento, lo cual sería atribuible a las diferencias en CMS.

Las diferencias en el extracto etéreo en las RTM, mencionadas en la composición, se vieron atenuadas en el consumo del mismo debido a las diferencias en el consumo de materia seca que presentaron los tratamientos. Esto se dio de manera inversa en la FDN ya que dicha diferencia en los CMS acentuó la variación de CFND entre los tratamientos.

4.5 COMPORTAMIENTO ANIMAL

En la figura 6 se presenta la distribución del tiempo entre las distintas actividades realizadas por los animales, expresado como porcentaje del tiempo total de observación durante el periodo diurno (8:00 – 18:00 hs).

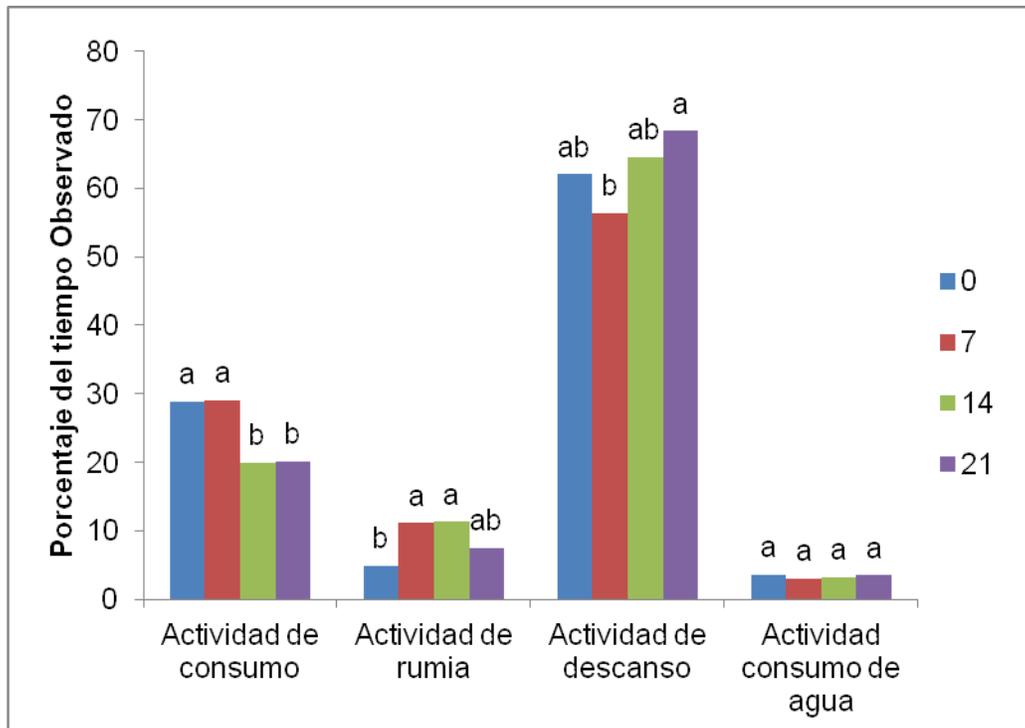


Figura 6. Efecto del nivel de inclusión de grano entero de avena sobre la distribución porcentual del tiempo entre las distintas actividades realizada por los terneros (8:00 a 18:00 horas).

Todos los animales ocuparon la mayor parte de su tiempo (55 – 70%) en la actividad de descanso, existiendo diferencias significativas entre el tiempo ocupado por cada tratamiento.

Los tratamientos de 0 y 7 % de avena fueron los que menos tiempo dedicaron al descanso, 62% y 56%, respectivamente. Por su parte los animales que consumieron 14 y 21% de avena dedicaron un 65% y 68% del tiempo a la actividad de descanso. A su vez estos últimos fueron los que menos tiempo dedicaron al consumo, ocupando un 20% del tiempo contra un 29% de los otros dos tratamientos.

Existió una relación negativa entre el consumo de materia seca y el tiempo dedicado al descanso, ya que los tratamientos que presentaron mayor consumo dedicaron menos tiempo a dicha actividad.

En cuanto al tiempo dedicado a la actividad de consumo se adecua a la ingesta de materia seca realizado por los animales, ya que los dos tratamientos que presentaron un mayor consumo fueron también los mismos que dedicaron más tiempo a dicha actividad.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Stricklin et al., citados por Piñeyrua et al. (2013), quienes estudiaron los patrones de comportamiento en animales en engorde a corral, siendo la actividad de descanso la predominante. Estos autores encontraron que la ganancia diaria tiene una correlación positiva con el descanso y negativa con el patrón de estar parado. Por otro lado el tiempo dedicado al consumo no afectaría esta performance.

En cuanto a la actividad de rumia los tratamientos de 0% y 21% de avena fueron los que menos tiempo ocuparon para dicha actividad (4,91% y 7,4%, respectivamente). Según Pereyra y Leiras (1991) los animales invierten entre 5 a 9 hs. del día para la rumia. Este, tiempo es la suma de: tiempo de regurgitación, de masticación, salivación, deglución y el intervalo entre bolos. Las horas totales están divididas en 15 a 20 períodos de rumia diseminados en las 24 hs. del día, siendo el horario que más ocupan en rumiar el posterior al pico de ingesta que ocurre al anochecer. Esto podría explicar la falta de relación en el tiempo de observación dedicado a la rumia con los niveles de FDNfe de las RTM, ya que el tratamiento que presentó mayor contenido de FDNfe es el de menor tiempo de rumia en los registros, al ser dichos registros realizados diurnamente, si existió un traslado de la rumia a la noche este no fue constatado.

Un mayor contenido de FDNfe se relaciona con un aumento en la masticación ingestiva, insalivación, etc, lo que significaría un mayor tiempo dedicado a la actividad de consumo durante el día que puede también significar una menor actividad de rumia durante el periodo de observación.

Con respecto al consumo de agua no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

4.6 CRECIMIENTO ANIMAL Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

El peso final no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P=0,13$). Tampoco fueron afectadas la altura final ($P=0,633$) ni la relación peso/altura final ($P=0,270$). Las medias ajustadas por tratamiento se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Medias ajustadas de ganancia media diaria, peso inicial y final, altura a la salida del corral, y eficiencia conversión animal.

	TRATAMIENTO				P valor del efecto	
	0% GEA	7% GEA	14% GEA	21% GEA	Lineal	Cuadrático
Peso inicial (Kg)	207,0	203,50	207,0	205,0	0,9246	0,8990
Peso final (Kg)	310,6	322,9	307,6	298,9	0,099	0,12
Altura final (m)	1,16	1,15	1,16	1,17	0,534	0,86
Relación PV/ altura	2,68	2,79	2,622	2,57	0,1823	0,288
GMD (kg/día)	1,41	1,56	1,39	1,28	0,0984	0,0885
EC	6,54	6,34	6,41	5,59	0,0784	0,28

GMD: ganancia media diaria; peso inicial; peso final; altura final (5/10/2015); EC: eficiencia de conversión.

Según Bavera (2005) la relación peso vivo/altura medida en la grupa del animal, es un criterio comprobadamente válido para estimar la velocidad de maduración, es decir, el tiempo necesario del animal para llegar a la madurez fisiológica y al tamaño adulto. Brinda una idea bastante aproximada de los patrones de crecimiento, de deposición grasa y del tamaño/peso de faena y/o adulto que tendrá un animal. Si dicha relación se encuentra entre 1 a 3, rango en el que se encontraban los animales evaluados, los individuos son pequeños en sus dimensiones corporales, patas cortas, cuerpo corto, alcanza la madurez y deposición de grasa a edad temprana. Los costos de mantenimiento son bajos.

En la figura 7 se muestran las ganancias medias diarias, eficiencia de conversión, consumo de materia seca y consumo de materia seca digestible.

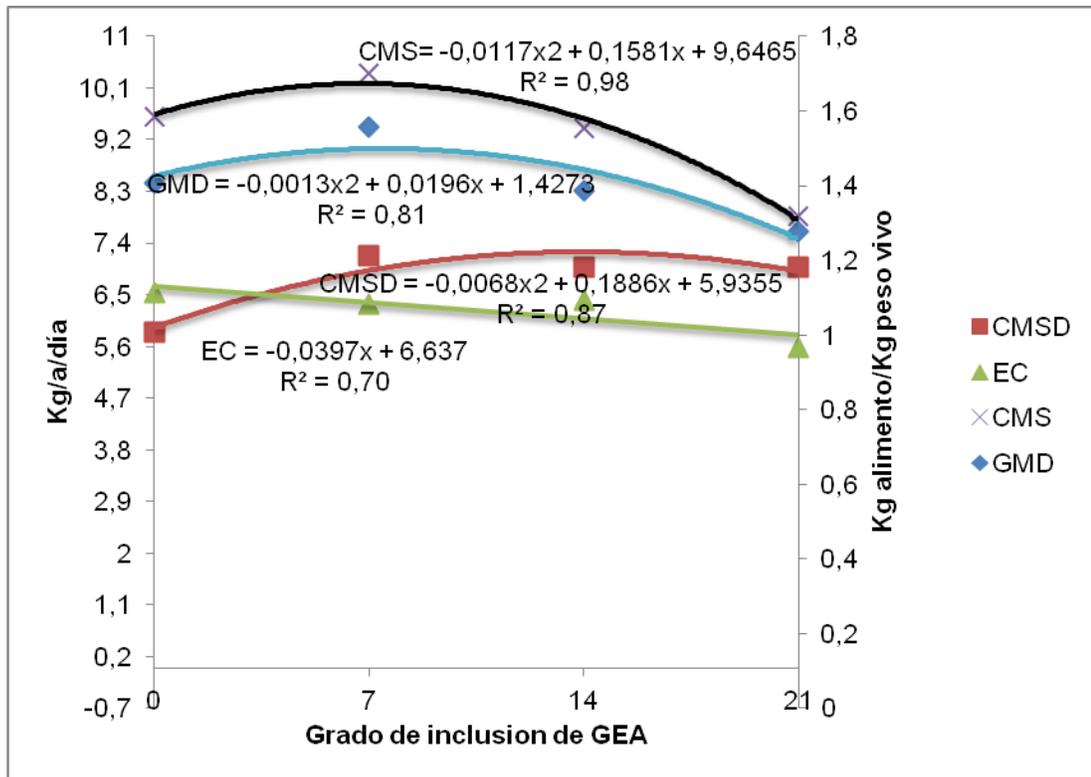


Figura 7. Consumo de materia seca digestible (CMSD), eficiencia de conversión (EC), consumo de materia seca (CMS) y ganancia media diaria (GMD) según el grado de inclusión de grano entero de avena (GEA).

La ganancia media diaria, se vio afectada por el tratamiento ($P= 0,01$) y vario en forma cuadrática, alcanzando un máximo de 1,5 kg/a/día para un 7,54% de GEA en la ración y una ganancia mínima de 1,28 kg/a/día correspondiente al tratamiento de 21% GEA.

La eficiencia de conversión se vio afectada por los tratamientos presentando una tendencia lineal decreciente al aumentar el nivel de GEA en la ración ($P=0,0784$). Por cada 1% de inclusión de GEA la cantidad de alimento necesaria para ganar 1 kg de peso vivo disminuyó 40 g.

Simeone y Beretta (2012) analizaron experimentos realizados en el 2010-2011, en los cuales se evaluó la alimentación diferencial de terneros de peso promedio de 160 kg, los mismos fueron alimentados a voluntad con una RTM sin fibra larga (cascara de arroz como aporte de fibra). Las ganancias obtenidas fueron de 1,405 kg/día en promedio para un consumo de 6,4

kg/MS/día y una eficiencia de conversión de 4,5:1 Kg MS/ kg ganado. Si bien las ganancias promedios del presente experimento se asemejan a las presentadas por Simeone y Beretta (2012), los consumos son superiores lo que conlleva a una peor eficiencia.

Los cambios realizados en las RTM buscaron reducir o eliminar la fuente de fibra larga manteniendo niveles de fibra físicamente efectiva por encima de los niveles mínimos requeridos para un buen funcionamiento ruminal. Pero también llevaron a un aumento gradual en la digestibilidad de la MS, que en conjunto con un buen ambiente ruminal logrado por los niveles adecuados de FDNfe, aportaron a una mejora en la eficiencia de conversión. Además a pesar de limitar la ingesta por lo ya mencionado, la digestibilidad, atenuó dicha caída en el CMSD, ya que a medida que el grado de inclusión de GEA aumentaba gradualmente por encima de 6,8%, el consumo de materia seca disminuía pero aumentaba la digestibilidad de la misma. Sin embargo la respuesta observada en GMD acompañó al CMS y no presentó respuesta al CMSD. Esto pudo depender del consumo de PC, ya que el mismo dependió del CMS debido a que las RTM fueron de carácter isoproteicas. La disminución del consumo de PC luego de superado el grado de inclusión de GEA que maximiza el CMS podría haber limitado la respuesta al CMSD, a modo de ejemplo según el consumo de materia seca digestible el tratamiento de 21% de GEA habría consumido más energía que el tratamiento 0% de GEA, sin embargo la GMD fue menor al igual que el consumo de PC.

Según Mac Loughlin (2011) para el uso eficiente de los nutrientes, es primordial lograr el balance PM / Energía a nivel tisular y PDR / Energía en el rumen. Mientras el excedente de PM en los tejidos es degradado y utilizado como fuente de energía, lo que constituye un proceso ineficiente desde el punto de vista energético y económico, el déficit restringe el crecimiento del animal. Bajos aportes de PDR en relación a la energía en el rumen, limitan el desarrollo de los microorganismos disminuyendo la fermentación de la materia orgánica del alimento y el aporte de energía para el medio interno del bovino.

Di Marco (2006) afirmó que todo factor que afecte el consumo de EM, la producción de calor o la partición de la ER (energía retenida) entre proteínas y grasas afectará la eficiencia para convertir el alimento en producto. Por ejemplo, los factores que afectan al consumo de MS y/o la digestión, afectarán el consumo de EM y por lo tanto a la eficiencia. Lo mismo ocurre con las variables que afectan el costo de mantenimiento, ya que afectarán la producción de calor y, en consecuencia, la eficiencia. De dichos factores los que se vieron más afectados en el presente trabajo para los distintos tratamientos fueron CMS y digestibilidad, y los cambios entre ellos estuvieron relacionados, como la limitación de la ingesta de materia seca por el aumento en la digestibilidad.

Debido a que el CMS, CMSD, GMD y EC están fuertemente relacionados entre sí, las diferencias que presentaron los mismos entre los distintos tratamientos se generaron en su mayoría por el cambio que presentó la digestibilidad para las RTM. No todos fueron efectos directos si no también debido a la relación existente entre estos factores.

Como ya se menciona la sustitución de heno por GEA aumento el contenido de almidón de la dieta, dicho aumento se dio por el almidón rápidamente fermentable que contiene el GEA. Relacionando esto con lo dicho por Van Huotert, citado por Blanco (1999), quien afirmó que la digestión ruminal del almidón, genera una alta producción de AGV, destacándose el propionato cuya proporción molar aumenta con respecto a la fermentación ruminal del forraje fibroso, donde se genera una mayor proporción molar de acetato. Y por Kaufmann (1976) el cual menciona que la energía contenida en los carbohidratos de alimentos concentrados (alta producción de ácido propiónico) es mejor aprovechada en el metabolismo ruminal, que aquella contenida en alimentos fibrosos (alta producción de ácido acético) y si bien el rumiante puede aprovechar la celulosa gracias a la fermentación ruminal, el proceso lleva aparejado una considerable pérdida de energía. Se puede afirmar que dicha sustitución llevo a un mejor aprovechamiento de la energía metabolizable lo cual acompañado con la ya mencionada mejora en la digestibilidad de la materia seca, generaron la mejora observada en la eficiencia de conversión.

Esos resultados coinciden con lo presentado por Rojas et al. (1989), donde la eficiencia de conversión mejoró significativamente con la inclusión de avena, alcanzando su mayor expresión con los niveles de 52,5 y 70% de inclusión de GEA, los porcentajes difieren con el presente experimento pero ambos presentan una mejora en la eficiencia de conversión al aumentar el grado inclusión de GEA. Estos también encontraron similitudes con lo observado por Corah et al. (1973), Corah et al. (1975), Gillespie y Mclaughlin (1977). Y se refirieron a que la mayor eficiencia puede explicarse por la disminución en la producción de calor, debido al menor trabajo de masticación y rumia que se tiene por efecto de dietas con menor proporción de forraje, esto coincide con el presente experimento ya que los tratamientos con mayor proporción de heno fueron los que dedicaron más tiempo al consumo y presentaron peor EC, por lo que se puede suponer que una mayor actividad de consumo tendría un efecto sobre la partición de requerimientos, aumentando la proporción de los mismos para mantenimiento y por lo tanto teniendo un efecto negativo sobre la EC. Moe y Tyerrel, Ganev et al., citados por Rojas et al. (1989) mencionaron que existe un efecto complementario de importancia como el paso al intestino de carbohidratos no estructurales, que exceden la capacidad de fermentación ruminal, y son digeridos y absorbidos con una mayor eficiencia.

Y que el mismo efecto se tiene con la mayor proteína bacteriana que se genera a nivel ruminal, con el aumento de estos carbohidratos en las raciones y con las proteínas de los concentrados.

Referido a los niveles de eficiencia de conversión, Pordomingo (2005), Di Marco (2006), reportan que terneros entre los 150 y los 300 kg de peso vivo, convierten en un rango de 4,5 a 5,5 kg MS/kg PV con dietas incluyendo una alta proporción de grano (base seca). Esta eficiencia se atribuye a que dicha categoría presenta la mayor eficiencia de conversión debido a que no solo los requerimientos para mantenimiento son menores (NRC, 1996), pudiendo destinar mayor cantidad de energía consumida al crecimiento y deposición de grasa (Pordomingo, 2005), sino que la composición de la ganancia es de mayor proporción de músculo, hueso y agua que de grasa, comparados con animales de mayor edad y peso, lo que guarda relación con la eficiencia de uso de la energía consumida (Di Marco, 2006). Esto le daría sentido a los buenos resultados obtenidos en el experimento realizado pero no explicaría las diferencias entre tratamientos ya que los animales comenzaron con igual peso y edad, y el peso final no se vio afectado por tratamiento.

En cuanto a si una mayor GMD podría haber generado una mayor tasa de engrasamiento y por ende un aumento en los requerimientos de energía para mantenimiento que afecte negativamente la EC. Owens et al. (1995), Di Marco (2000), Mac Loughlin (2011) coincidieron en que cuando a partir de los 0,600 kg/día la productividad se incrementa, en el mismo sentido lo hace marcadamente la deposición de grasa. Esto ocurre hasta un límite dado por aproximadamente 1,0 kg/día de ganancia de peso, a partir del cual la tasa de engrasamiento tiende a amesetarse, manteniéndose casi constante, independientemente de que las ganancias continúen aumentando, por lo que se pudo afirmar que en el presente experimento dicho efecto no existió, ya que las GMD fueron superiores a 1,2kg/día en todos los tratamientos.

5. CONCLUSIONES

En dietas concentradas elaboradas para la alimentación de terneros a corral (ADT), con niveles de hasta 21% de fibra larga es posible sustituir total o parcialmente la misma por grano entero de avena (GEA). El CMS y la GMD respondieron de forma cuadrática ($p=0,0324$ y $p=0,01$, respectivamente) a dicha sustitución y presentaron mejoras significativas hasta un nivel de inclusión de GEA de 6,8% y 7,54% respectivamente. Por su parte la eficiencia de conversión mejoro a medida que aumentó el nivel de inclusión de GEA presentando una tendencia lineal decreciente ($p=0,0784$). Para todos los grados de inclusión de GEA se mantuvieron niveles productivos aceptables.

6. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la viabilidad del grano entero de avena (GEA) como fuente de fibra efectiva en raciones para terneros en confinamiento alimentados con dietas altamente concentradas. Veinte y cuatro terneros (177 ± 18 Kg) de raza hereford nacidos en la primavera del 2014 fueron sorteados a ocho grupos y estos a una de cuatro dietas isoproteicas difiriendo en el grado de inclusión de GEA en sustitución de heno de moha (H): 21%H: 0% GEA; 14%H: 7%GEA; 7%H; 14% GEA; 0%H: 21% GEA, quedando cada tratamiento constituido por dos repeticiones (n=2 corrales, tres terneros/corral). El alimento fue suministrado *ad libitum*. Se registro peso vivo cada 14 días, altura inicial y final. El consumo de materia seca fue registrado diariamente y el aporte de FDNfe fue registrado semanalmente sobre muestras del alimento ofrecido y rechazos por corral. En la semana 9 se estimó la digestibilidad de la MS en vivo, y se tomaron registros del comportamiento diurno de los animales. El experimento fue analizado según un diseño de parcelas al azar, testeándose los efectos lineal y cuadrático asociados al nivel de GEA en la ración. La ganancia diaria de peso vivo se vieron afectadas por el tratamiento ($y = -0,0068x^2 + 0,1886x + 5,9355$; $P= 0,01$). El consumo de materia seco fue afectado por el tratamiento ($y = -0,0117x^2 + 0,1581x + 9,6465$; $P= 0,0324$). La eficiencia de conversión fue afectado por el tratamiento ($y = -0,0397x + 6,637$; $P= 0,0784$). Los resultados obtenidos demuestran que es posible sustituir las fuentes tradicionales de fibra por el grano entero de avena en la alimentación de terneros a corral, presentando efectos en las ganancias diarias, en los consumos y en la eficiencia de conversión, pero no en el peso final ($P=0,13$) y manteniendo en todos los casos niveles más que aceptables.

Palabras clave: Alimentación diferencial de terneros; Corral; Fibra; Grano entero de avena

7. SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the viability of whole grain oats (WGO) as an effective fiber source in rations for confined calves fed with highly concentrated diets. Twenty-four calves (177 ± 18 kg) of Hereford breed born in the spring of 2014 were randomly assigned to eight groups and to one of four isoprotein diets differing in the degree of inclusion of WGO in replacement of moha hay (H): 21 % H: 0% WGO; 14% H: 7% WGO; 7% H: 14% WGO; 0% H: 21% WGO, each treatment consisting of two replicates (n = 2 pens, three calves / pen). Food was supplied *ad libitum*. Live weight was recorded every 14 days, initial and final height. The dry matter intake was recorded daily and the FDNfe contribution was recorded weekly on samples of feed offered and rejects per pen. At week 9, the dry matter digestibility of DM was estimated in vivo, and records of the diurnal behavior of the animals were taken. The experiment was analyzed according to a random plots design, testing the linear and quadratic effects associated with the WGO level in the ration. The daily gain of live weight was affected by the treatment ($y = -0.0068x^2 + 0.1866 + 5.9355$; $P = 0.01$). The dry matter consumption was affected by the treatment ($y = -0.0117x^2 + 0.1581x + 9.6465$; $P = 0.0324$). The conversion efficiency was affected by the treatment ($y = -0.0397x + 6.637$, $P = 0.0784$). The results show that it is possible to substitute the traditional sources of fiber for the whole grain of oats in the feed of calves to corral, presenting effects in the daily gains, the consumptions and the conversion efficiency, but not in the final weight ($P = 0.13$) and maintaining in all cases levels more than acceptable.

Key words: Differential feeding of calves; Feedlot; Fiber; Whole oatmeal.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Angeles Campos, S. C. s.f. Fermentación ruminal, tamaño de partícula y efecto de la fibra en la alimentación de vacas lecheras. (en línea). México, Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica. pp. 5-6. Consultado 27 sep. 2016. Disponible en http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Produccion_Animal/Fundamentos_II/Bases_Anatomicas_y_Fisiologicas/Lectura_taller/FERMENTACION_RUMINAL_TAMAÑO_DE_PARTÍCULA_Y_EFECTO_DE_PDF
2. Allen, M. S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*. 74:3063-3075.
3. Arias, R. A.; Mader, T. L.; Escobar, P. C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. (en línea). *Archivo Medico Veterinario*. 40(1): 7-22. Consultado 15 sep. 2016. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0301-732X2008000100002&script=sci_arttext
4. Bacha, F.; Llanes, N.; Bueno, E. 2006. Alimentación de terneros en ausencia de promotores de crecimiento de tipo antibióticos; control de timpanismo y acidosis. (en línea). In: *Curso de Especialización FEDNA (22º., 2006, Barcelona). Avances en nutrición y alimentación animal*. Barcelona, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp. 133-158. Consultado 4 may. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/102-alimentacion_terneros.pdf
5. _____.; Calsamiglia, S. 2006. La fibra en los rumiantes; ¿química o física? (en línea). In: *Curso de Especialización FEDNA (22º., 2006, Barcelona). Avances en nutrición y alimentación animal*. Barcelona, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp. 99-113. Consultado 19 oct. 2016. Disponible http://www1.etsia.upm.es/fedna/capitulos/06CAP_VI.pdf

6. Banchemo, G.; Chalkling, D.; Mederos, A. 2014. Relevamiento de problemas sanitarios y de manejo durante la terminación en bovinos en sistemas de confinamiento en Uruguay. (en línea). Veterinaria (Montevideo). 52 (202): 43-13. Consultado 10 oct. 2016. Disponible en <http://www.revistasmvu.com.uy/articulos-en-prensa/60-articulos-en-prensa/355-relevamiento-de-problemas-sanitarios-y-de-manejo-durante-la-terminacion-en-bovinos-en-sistemas-de-confinamiento-en-uruguay.html>
7. Bavera, G. A. 2005. Escala de tamaño, estructura corporal o frame score. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. pp. 1-9. Consultado 20 abr. 2017. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/frame_score/11-tamano_o_frame.pdf
8. Blanco, M. R. 1999. El alimento y los procesos digestivos en el rumen. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. pp. 1-9. Consultado 27 abr. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/70-alimentos_rumen.pdf
9. Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. (en línea). In: Curso de Especialización FEDNA (1997, Madrid). Avances en nutrición y alimentación animal. Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona. s.p. Consultado 19 oct. 2016. Disponible en http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Uso_de_Fibra_en_Rumiantes.pdf
10. Cerdá, A. R. 2006. Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización energética; proteína en terneras en cebo intensivo. Tesis doctoral. Barcelona, España. Universitat Autònoma de Barcelona. 196 p.
11. Cruz, M.; Sánchez, J. 2000. La fibra en la alimentación en el ganado lechero. (en línea). Nutrición Animal Tropical. 6 (1): 51-54. Consultado 4 may. 2017. Disponible en http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista/la_fibra_en_la_alimentacion_del_ganado_lechero.pdf
12. Da Costa, E.; Restle, J.; Pascoal, L.; Brondani, I.; Neumann, M.; Souza da Silva, J.; Barcelos, S. 2004. Bezerros de corte desmamados

precocemente alimentados com silagem de triticale associada a diferentes níveis de concentrado. (en línea). Revista Brasileira de Zootecnia. 3 (6): 1806-1813. Consultado 20 oct. 2010. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982004000700019

13. De Araujo, J.; Nunes do Prado, I.; Zeuola, L.; Alcalde, C.; Goncalves do Nascimento, W. 2000. Avaliação da mandioca e seus residuos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. (en línea). Revista Brasileira de Zootecnia. 29 (5): 1528-1536. Consultado 12 oct. 2011. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v29n5/5678.pdf>
14. Di Marco, O. N. 2000. Crecimiento de vacunos para carne. Balcarce, Argentina, El Autor. 246 p.
15. _____. 2006. Crecimiento de vacunos para carne. Buenos Aires, Argentina, INTA Balcarce. 204 p.
16. Elizalde, J. C. 2015. Impacto del uso de los sistemas de alimentación a corral como estrategia para el engorde de bovinos para carne. (en línea). In: Congreso Internacional de Producción Animal Especializada en Bovinos (1º., 2015, Cuenca). Trabajos presentados. Cuenca, Universidad de Cuenca, Facultad Ciencias Agropecuarias. pp. 85-98. Consultado 25 may. Disponible en http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23789/1/Actas_Producci%C3%B3n_Animal_7.pdf
17. Fernández, A. 1998. Fisiología de la producción de carne. (en línea). INTA. Bordenave. Material didáctico. 3: 6-34. Consultado 18 abr. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/32-fisiologia_de_la_produccion_de-carne.pdf
18. Fox, D. G.; Tedeschi, L. O. 2002. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. (en línea). Ithaca, NY, Cornell University. Animal Science Department. 16 p. Consultado 23 nov. 2015. Disponible en <http://nutritionmodels.tamu.edu/papers/FoxandTedeschiPNC2002.pdf>
19. García, A.; Kalscheur, K. 2016. Tamaño de partícula y fibra efectiva en la dieta de las vacas lecheras. (en línea). Revista Extensión. 80:1-5.

Consultado 12 abr. 2017. Disponible en <http://articles.extension.org/pages/11502/tamao-de-partcula-y-fibra-efectiva-en-la-dieta-de-las-vacas-lecheras>

20. Garrido, L.; Santos, A. L. 2010. Aspectos técnicos, económicos, financieros y contables del feed lot. Tesis Contador Público. Montevideo, Uruguay. Facultad de Ciencias Económicas y de Administración. pp. 32-33.
21. Godio, L.; Maffioli, R.; Provencal, P.; Ortiz, M. 2007. Efecto de la adición de cáscara de maní sobre el consumo de dietas concentradas en terneros. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional Río Cuarto. pp. 1-2. Consultado 20 feb. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/117-cascara_mani.pdf
22. Heinrichs, J.; Kononoff, P. 2002. Evaluando el tamaño de partícula de forrajes y RTM usando el Nuevo Separador de Partículas de Forraje de Penn State. (en línea). Pensilvania, Universidad Estatal de Pensilvania. pp. 1-14. Consultado 21 feb. 2017. Disponible en <http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrition/forages/forage-quality-physical/separator/evaluando-el-tamano-de-particula-de-forrajes-y-rtm-usando-el-nuevo-separador-de-particulas-de-forraje-de-penn-state>
23. Herrera-Saldana, R. E.; Huber, J. T.; Poore, M. H. 1990. Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *Journal of Dairy Science*. 73: 2386-2393.
24. Kaufmann, W. 1976. Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH –regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. *Livestock Proc. Sci.* 3:103-114.
25. Loerch, S. C.; Fluharty, F. L. 1998. Effects de programming intake on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 76:371-377.
26. Mac Loughlin, R. J. 2011. Requerimientos de proteína y formulación de raciones en bovinos para carne. (en línea). *Revista Veterinaria Argentina*. 34: s.p. Consultado 26 may. 2017. Disponible en <http://www.veterinariargentina.com/revista/2011/06/requerimientos-de-proteina-y-formulacion-de-raciones-en-bovinos-para-carne/>

27. MDN. DNM (Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología, UY). s.f. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 4 set. 2017. Disponible en <http://meteorologia.gub.uy/index.php/estadisticas-climaticas>.
28. Mertens, D.; Ely, L. 1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization. A dynamic model evaluation. *Journal of Animal Science*. 54 (4): 895-905.
29. _____. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*. 64: 1548-1558.
30. _____. 1997. Creating a system for meeting the fibre requirements of dairy cows. *Journal of Animal Science*. 80:1463-1481.
31. Mieres, J. M.; Assandri, L.; Cúneo, M. 2004. Tabla de valores nutritivo de alimentos; tabla 2b heno. In: Mieres, J. M. ed. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 53-55 (Serie Técnica no.142)
32. Owens, F. N.; Zinn, R. A.; Kim, Y. K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science*. 63: 1634-1649.
33. _____.; Donald, R.; David, G.; Secrist, S.; Coleman, S. W. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 73:3152-3172.
34. _____.; Secrist, S. D.; Jeff Hill, W.; Gill, R. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 75: 868-879.
35. Palladino, A. s.f. El rol de la fibra en los sistemas de engorde a corral. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Animal. 5 p.
36. Piñeyrúa, D.; Pisón, A.; Preve, R. 2013. Evaluación de alternativas de procesamiento del grano de sorgo para la terminación de novillos en confinamiento. Tesis Ing Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. pp. 64-65.
37. Pordomingo, A.; Volpi Lagreca, G.; Miranda, A.; García, P.; Grigioni, G.; Kugler, N. s.f. Efecto del nivel de fibra de dietas de recría a corral

sobre el ritmo de engorde y parámetros de calidad de carne de vaquillonas angus. EEA INTA. Boletín de Divulgación Técnica. no. 88. pp. 83-88.

38. _____. 2005. Manual de feedlot. (en línea). Buenos Aires, INTA Anguil. 223 p. Consultado 26 ago. 2016. Disponible en <http://www.youblisher.com/p/22995-Manual-de-FeedLot/>
39. _____. 2013. Feedlot alimentación, diseño y manejo. (en línea). Anguil, Universidad Nacional de La Pampa. 170 p. Consultado 25 may. 2016. Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_feedlot_2013.pdf
40. Raggi Saini, L. 1988. Regulación del consumo voluntario de alimentos en rumiantes. (en línea). Monografías de Medicina Veterinaria. 10 (2): s.p. Consultado 21 feb. 2017. Recuperado de <http://www.monografiasveterinaria.uchile.cl/index.php/MMV/article/view/4917/4801>
41. Rojas, C.; Contreras, R. 1992. Niveles de cebada para engorde de novillos hereford. (en línea). Agricultura Técnica (Chile). 52(1): 74-78. Consultado 22 feb. 2017. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/agritec/NR13757.pdf>
42. Sánchez, E. 1976. Utilización del aserrín de pino (*Pinus ponderosa*) como sustituto de rastrojo en raciones para ganado de engorde. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. no. 31: 79-84.
43. Simeone, A.; Beretta, V. 2008. Una década de investigación para una ganadería más eficiente In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10^a, 2011, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 38-41.
44. _____.; _____. 2011. Alimentación a corral en sistemas ganaderos ¿cuándo y cómo?. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (13^a., 2011, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 10-29.
45. _____.; _____. 2012. Una nueva cría...un nuevo engorde...una nueva ganadería. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14^a., 2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 28-37.

46. Stock, R., Klopfenstein, T.; Shain, D. 1995. Feed intake variation. *Journal of Animal Science*. 56: 942-959.
47. Van Lier, E.; Regueiro, M. 2008. Digestión en retículo rumen. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp.12- 13.
48. Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. ed. Ithaca, NY, Cornell University Press. 459 p.
49. Villa, R. E. 2013. Efecto de la biopelícula de microorganismos ruminales establecidos en *Opuntia imbricata* (soporte) en la producción de ácidos grasos volátiles (AGV's) in vitro. Tesis Ing Agr. Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 86 p.
50. Zinn, R. A., Owens, F. N. 1983. Influence of feed intake level on site of digestion in steers fed a high concentrate diet. *Journal of Animal Science*. 56:471
51. _____. 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers; feedlot cattle growth performance. *Journal of Animal Science*. 67: 1029-1037.
52. _____.; Placencia, A.; Barajas, R. 1994. Interaction of forage level and monensin in diets for feedlot cattle on growth performance and digestive function. *Journal of Animal Science*. 72: 2209-2215.

9. ANEXOS

Anexo 1. Fuentes de variación para consumo de materia seca

Efecto	NUM DF	DEN DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	4.01	8.55	0.0324
SEMANA	9	448	57.93	<.0001
TRAT*SEMANA	27	448	3.5	<.0001
DÍA_DENTROS SEM.	6	448	5.69	<.0001
TRAT*DÍA_DENTRO SEM.	18	448	1.14	0.3102

Anexo 2. Fuentes de variación para consumo de materia seca en porcentaje de peso vivo

Efecto	NUM DF	DEN DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	4	17.04	0.0096
SEMANA	9	448	9.68	<.0001
TRAT*SEMANA	27	448	6.15	<.0001
DÍA_DENTRO SEM.	6	448	3.55	0.0019
TRAT*DÍA_DENTRO SEM.	18	448	0.69	0.8241

Anexo 3. Fuentes de variación para consumo de materia seca digestible

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	2,141865	0.71395504	13.06	0.0315
PV inicial	1	0.12934265	0.12934265	2.37	0.2216

Anexo 4. Fuentes de variación para consumo de proteína cruda

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	0.16753305	0.05584435	17.69	0.0207
PV inicial	1	0.00910346	0.00910346	2.88	0.1880

Anexo 5. Fuentes de variación para consumo de FDN

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	2,76839092	0.92279697	51.67	0.0044
PV inicial	1	0.09750307	0.09750307	5.46	0.1015

Anexo 6. Fuentes de variación para consumo de EE

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	0.00583097	0.00194366	17.63	0.0208
PV inicial	1	0.00062976	0.00062976	5.71	0.0967

Anexo 7. Fuentes de variación para la digestibilidad de la materia seca

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	882,6009009	294,2003003	13.83	0.0291
PV inicial	1	3,9465156	3,9465156	0.19	0.6958

Anexo 8. Fuentes de variación para porcentaje de proteína cruda en la dieta

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	0,11790467	0,03930156	3,21	0,1818
PV inicial	1	0,048286	0,048286	3,95	0,1412

Anexo 9. Fuentes de variación para porcentaje de FDN en la dieta

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	99,48185266	33,16061755	163.36	0.0008
PV inicial	1	0,1610142	0,1610142	0.79	0.4387

Anexo 10. Fuentes de variación para porcentaje de EE en la dieta

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	1,98347845	0,66115948	93,71	0,0018
PV inicial	1	0,01558458	0,01558458	2,21	0,2339

Anexo 11. Fuentes de variación para ganancia de peso vivo

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	13	0,13	0,9417
DÍAS	1	90,5	1403,21	<.0001
DÍAS*TRAT.	3	90,5	2,35	0,0772
PV.INI.	1	24,8	166,75	<.0001

Anexo 12. Fuentes de variación para Peso vivo inicial

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	17,375	57,79166667	0,09	0,9594

Anexo 13. Fuentes de variación para peso vivo final

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	1,98347845	0,66115948	93,71	0,0018
PV inicial	1	0,01558458	0,01558458	2,21	0,2339

Anexo 14. Fuentes de variación para peso vivo/ altura final

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	0.05365390	0.01788463	2.18	0.1823
PValt. Ini.	1	0.00649979	0.00649979	1.66	0.2878

Anexo 15. Fuentes de variación para altura final

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	0.00066613	0.000222	0.65	0.6327
Alt.INI.	1	0.00062976	0.00062976	1.85	0.2668

Anexo 16. Fuentes de variación para eficiencia de conversión

Fuente	DF	TIPO IV SS	cuadrado de la medida	F-VALOR	Pr>F
TRAT.	3	1,08584058	0,36194686	3,27	0,178
PV INI.	1	0,01111166	0,01111166	0,1	0,772

Anexo 17. Fuentes de variación para rechazo como porcentaje del peso vivo

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	405	5,74	0,0007
SEMANA	9	405	5,12	<,0001
TRAT*SEMANA	27	405	2,28	0,0004
DÍA_DENTRO SEM.	6	405	3,35	0,0031
TRAT*DÍA_DENTRO SEM.	18	405	0,65	0,8636

Anexo 18. Fuentes de variación para porcentaje de RTM > 19 mm

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	29	377,55	<,0001

Anexo 19. Fuentes de variación para porcentaje de RTM >8mm

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	29	7,48	0,0007

Anexo 20. Fuentes de variación para porcentaje de RTM >1,18mm

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	29	23,82	<,0001

Anexo 21. Fuentes de variación para porcentaje de RTM <1,18mm

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	29	2	0,1364

Anexo 22. Fuentes de variación para el factor de efectividad de FDN de la RTM ofrecida

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	25	3,13	0,0435
SEMANA	4	25	2,24	0,0938

Anexo 23. Fuentes de variación para porcentaje de FDN efectiva de RTM ofrecido

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	43	50,13	<,0001
SEMANA	6	45,8	4,23	0,0018

Anexo 24. FDNfe en el rechazo

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	valor F-	Pr> F
TRATAMIENTO	3	4,28	15,71	0,0092
SEMANA	6	40,2	4,55	0,0013

Anexo 25. Fuentes de variación para actividad de consumo

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	20	5,65	0,0057
DÍA_DENTRO SEM.	1	20	70,12	<,0001
TRAT.*DÍA_DENTRO SEM.	3	20	1,08	0,3821

Anexo 26. Fuentes de variación para actividad de rumia

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	20	6,72	0,0026
DÍA_DENTRO SEM.	1	20	3,19	0,0893
TRAT.*DÍA_DENTRO SEM.	3	20	0,38	0,7682

Anexo 27. Fuentes de variación para actividad de descanso

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	20	5,25	0,0078
DÍA_DENTRO SEM.	1	20	10,4	0,0042
TRAT.*DÍA_DENTRO SEM.	3	20	0,77	0,5266

Anexo 28. Fuentes de variación para actividad de consumo de agua

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	20	0,14	0,937
DÍA_DENTRO SEM.	1	20	3,76	0,0666
TRAT.*DÍA_DENTRO SEM.	3	20	0,62	0,6132

Anexo 29. Fuentes de variación para actividad de consumo de 8 a 11 hs

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	20	0,89	0,4621
DÍA_DENTRO SEM.	1	20	4,1	0,0563
TRAT*DÍA_DENTRO SEM.	3	20	2,73	0,0708

Anexo 30. Fuentes de variación para actividad de consumo de 11 a 14 hs

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	20	4,24	0,0179
DÍA_DENTRO SEM.	1	20	2	0,1728
TRAT*DÍA_DENTRO SEM.	3	20	0,67	0,5798

Anexo 31. Fuentes de variación para actividad de consumo de 14 a 18 hs

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	20	2,19	0,1206
DÍA_DENTRO SEM.	1	20	0,17	0,6818
TRAT*DÍA_DENTRO SEM.	3	20	1,38	0,2766

Anexo 32. Fuentes de variación para actividad de rumia de 8 a 11 hs

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	20	1,53	0,238
DÍA_DENTRO SEM	1	16	5,11	0,0381
TRAT*DÍA_DENTRO SEM.	3	16	0,99	0,4232

Anexo 33. Fuentes de variación para actividad de rumia de 11 a 14 hs

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	20	1,21	0,3333
DÍA_DENTRO SEM.	1	16	1,06	0,3192
TRAT*DÍA_DENTRO SEM.	3	16	0,62	0,6121

Anexo 34. Fuentes de variación para actividad de rumia de 14 a 18 hs

Efecto	NUM. DF	DEN. DF	F-valor	Pr> F
TRATAMIENTO	3	20	1,71	0,1971
DÍA_DENTRO SEM.	1	16	3,12	0,0966
TRAT*DÍA_DENTRO SEM.	3	16	2,04	0,1488