

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECRÍA DE TERNERAS EN CONFINAMIENTO: EFECTO DEL NIVEL DE
OFERTA DE UNA RACIÓN CONCENTRADA SOBRE EL
COMPORTAMIENTO ANIMAL Y DIGESTIÓN DEL ALIMENTO**

por

**María Inés MESA GANDOLFO
Pilar PAMPÍN MARTÍNEZ**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2019**

Tesis aprobada por:

Director: -----

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

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

Med. Vet. (MSc.) Juan Franco

Fecha: 19 de diciembre de 2019

Autoras: -----

María Inés Mesa Gandolfo

Pilar Pampín Martínez

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por su apoyo incondicional desde el primer momento. A nuestros tutores y al personal de la EEMAC por su ayuda y paciencia. A nuestros compañeros de techito por su buena disposición y compañerismo, a pesar de trabajar en tesis y animales distintos. A M. Ayala y a C. Paccioretti por su apoyo en la parte práctica.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. INTRODUCCIÓN	3
2.2. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN, MANTENIMIENTO Y COMPOSICIÓN DE LA GANANCIA DE PESO.....	4
2.2.1. <u>Requerimientos energéticos para mantenimiento</u>	5
2.2.2. <u>Metabolismo basal</u>	5
2.2.2.1. Actividad voluntaria y termorregulación	7
2.2.3. <u>Tipo de tejido retenido</u>	8
2.3. CONSUMO, DIGESTIBILIDAD Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....	11
2.3.1. <u>Consumo</u>	11
2.3.1.1. Variaciones en el consumo	11
2.3.1.2. Oferta <i>ad libitum</i> vs. restringida	12
2.3.2. <u>Digestibilidad</u>	16
2.3.2.1. Digestibilidad, tasa de pasaje y consumo	16
2.4. COMPORTAMIENTO ANIMAL Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....	19
2.5. APRECIACIONES GENERALES SOBRE ANTECEDENTES EVALUANDO LA ALIMENTACIÓN RESTRINGIDA	22
2.6. HIPÓTESIS.....	23
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	24
3.1. LUGAR Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	24
3.2. INFRAESTRUCTURA.....	24

3.3. ALIMENTO	24
3.4. ANIMALES Y TRATAMIENTOS.....	24
3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	25
3.6. REGISTROS Y MEDICIONES	25
3.6.1. <u>Comportamiento</u>	26
3.6.2. <u>Patrón de consumo de materia seca</u>	26
3.6.3. <u>Digestibilidad aparente</u>	26
3.6.4. <u>Caracterización del aporte de fibra efectiva</u>	27
3.6.5. <u>Registros climáticos</u>	27
3.7. VARIABLES CALCULADAS	27
3.7.1. <u>Distribución del tamaño de partículas del alimento</u>	27
3.7.2. <u>Eficiencia de conversión</u>	27
3.7.3. <u>Coeficiente de digestibilidad</u>	27
3.7.4. <u>Patrón de consumo y tasa de consumo</u>	28
3.8. ANÁLISIS QUÍMICOS	28
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	31
4.1. CONDICIONES AMBIENTALES	31
4.2. CONSUMO	34
4.2.1. <u>Tasa y patrón de consumo</u>	36
4.3. DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA	42
4.4. COMPORTAMIENTO	44
4.5. GANANCIA MEDIA DIARIA Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN	45
4.5.1. <u>Ganancia media diaria</u>	45
4.5.2. <u>Eficiencia de conversión</u>	46
4.6. DISCUSIÓN GENERAL	50
5. <u>CONCLUSIONES</u>	52
6. <u>RESUMEN</u>	53
7. <u>SUMMARY</u>	54

8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	55
9. <u>ANEXOS</u>	66

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto de la restricción en la oferta de alimento sobre el pH ruminal, digestibilidad, ganancia de peso, comportamiento ingestivo y eficiencia de conversión.....	15
2. Influencia del nivel de consumo en características de la digestión ruminal y total.....	19
3. Composición química de los ingredientes y de la ración totalmente mezclada.....	25
4. Efecto de la oferta de alimento sobre el consumo promedio de materia seca	36
5. Efecto del nivel de oferta de alimento sobre el tiempo de consumo (min), el patrón de consumo (kg) y la tasa de consumo (g/min) total diurno y por turno.....	37
6. Digestibilidad MS (%) por tratamiento según semana.....	43
7. Distribución de partículas de fardo de moha por tamaño (PSPS) en % retención MS.....	45
8. Efecto de la oferta de alimento y semana de evaluación sobre la eficiencia de conversión de la materia seca , la materia seca digestible del alimento y la ganancia diaria de peso vivo.....	48
9. Respuesta a la restricción, en proporción del <i>ad libitum</i> para la oferta de materia seca, ganancia media diaria, consumo de materia seca y eficiencia de conversión.....	49

Figura No.

1. Gráfico de la distribución estacional de forraje según el tipo de suelo.....	3
2. Eficiencia metabólica.....	6
3. Precipitaciones (mm) en el periodo estudiado.....	32
4. Temperatura máxima y mínima para el periodo experimental	33
5. Velocidad del viento para las semanas estudiadas por día....	34
6. Efecto del nivel de oferta de alimento (kg/ 100 kg de peso vivo) sobre el consumo y rechazo en el comedero (% del ofrecido).....	36
7. Efecto de la oferta de alimento sobre la tasa de consumo total diaria y por turno.....	39
8. Tasa de consumo (g/min) por tratamiento y por semana para el turno 3 (1600 hs a 18000 hs).....	40
9. Efecto de la interacción de la oferta de alimento x semana, sobre la tasa de consumo total diaria (g/min).....	40
10. Efecto de la oferta de alimento sobre la tasa y el tiempo de consumo.....	41

11. Efecto de la oferta e alimento sobre el tiempo de consumo de materia seca (min) por turno y el tiempo total diurno.....	41
12. Efecto de la oferta de alimento sobre el patrón de consumo por turnos.....	42
13. Efecto de la oferta de alimento sobre el consumo de materia seca por turno y el consumo total diario.....	43
14. Probabilidad de hallar a los animales realizando las diversas actividades (promedio de todas las semanas).....	45
15. Eficiencia de conversión de la materia seca y de la materia seca digestible según la semana experimental	48

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, el campo natural ocupa la mayor parte del área forrajera. La producción de materia seca del mismo se ve disminuida, en casi todas las regiones del país, de forma marcada en el invierno. La carga que puede sostener en esta estación es mucho menor que en las demás, por lo tanto, para poder mantener una mayor carga anual y así realizar una utilización óptima de la materia seca producida, es necesaria la introducción de tecnologías.

Para los sistemas criadores que están ubicados en suelos con baja o nula aptitud agrícola, el invierno es un problema ya que se ve imposibilitada la siembra de mejoramientos (praderas o verdeos). Por otra parte, se ven obligados a manejar: terneros destetados recientemente, vacas preñadas y categorías de reposición, con muy poco alimento. Surge entonces como opción la utilización de un sistema de Alimentación Diferencial de Terneros (ADT), en la cual los terneros son confinados en el invierno dejando el campo natural libre para las demás categorías.

Con la implementación de esta tecnología, se alimenta al ternero con una dieta de mayor calidad buscando alcanzar las ganancias potenciales para esta categoría, la cual presenta mejor eficiencia de conversión que categorías más viejas, dado la composición de la ganancia (mayor proporción de músculo) y los menores requerimientos de mantenimiento. Se producen a fin de invierno terneros de un peso de 200-250 kg (dependiendo del peso de ingreso al corral).

Utilizar el ADT en hembras tiene como ventaja reducir la edad de primer entore a 15 meses. Esto tiene relevancia ya que una de las principales limitantes de la cría vacuna del país es la alta edad del primer entore. Un 69,6 % de las vaquillonas tienen su primer entore luego de los 2 años de edad (Bervejillo et al., 2018). Reducir la edad del primer entore tiene efectos positivos en el progreso genético del rodeo, en la productividad de la vaca (más terneros), en la productividad y eficiencia total del sistema y un menor tiempo de retorno de capital. También se puede tener en cuenta la posibilidad de una venta de un excedente de vaquillonas, ya que en este tipo de rodeos la tasa de reposición es menor.

Antecedentes muestran que terneros alimentados con dietas concentradas *ad libitum*, como las ofrecidas en el sistema ADT, registran buenas eficiencias de conversión (4,5-5,5 kg MS alimento/kg) y altas ganancias medias diarias (1,2-1,7 kg/día). No obstante, algunos antecedentes indican que ganancias en torno a 0,8-1,0 kg/día optimizan la performance posterior a pasto durante la primavera. Una forma de controlar la ganancia media diaria podría ser a través de la restricción de

la oferta de alimento, sin embargo, esta medida podría afectar el comportamiento ingestivo del animal y el aprovechamiento digestivo del alimento, incidiendo sobre la eficiencia de conversión del mismo.

En animales en terminación, una restricción leve en la oferta de alimento respecto a la oferta *ad libitum* de una dieta concentrada, evidencia una mejora en la eficiencia de conversión sin afectar la ganancia media diaria (Cavallini et al., 2018), sin embargo son escasos los antecedentes evaluando este tipo de restricción en terneros.

Controlar la oferta de alimento puede incidir sobre los componentes del comportamiento ingestivo e indirectamente sobre la eficiencia de uso de alimento. Resulta fundamental saber cómo el animal responde a distintos niveles de restricción, ya que esto permite modificar las estrategias de oferta de alimento. Se debe tener claro cómo el animal compone el consumo y luego a nivel de la digestión, cómo utiliza ese alimento consumido.

Sin embargo, no existen antecedentes que investiguen qué sucede cuando aumenta la restricción, ni que expliquen cómo varía el patrón de consumo, el comportamiento animal y la digestibilidad en terneros en invierno. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto de niveles crecientes de restricción en la oferta de una ración totalmente mezclada respecto a la oferta *ad libitum* sobre la eficiencia de uso del alimento en terneras Hereford manejadas en confinamiento durante el invierno; y evaluar de que forma el comportamiento animal, patrón diurno de ingestión y la digestibilidad aparente de la materia seca inciden sobre dicha respuesta.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

Según el MGAP. DIEA (2017) el campo natural ocupa un 88.3% del área forrajera ganadera. La distribución estacional de la producción de materia seca varía según la región del Uruguay que se analice, pero como se observa en el Figura 1, existe un marcado déficit forrajero en invierno. Este déficit genera que la carga invernal deba ser baja. Sin embargo, la producción de las estaciones siguientes (tanto primavera como verano) requieren altas cargas para poder consumir toda la materia seca que se produce (Martínez Techera, 2013).

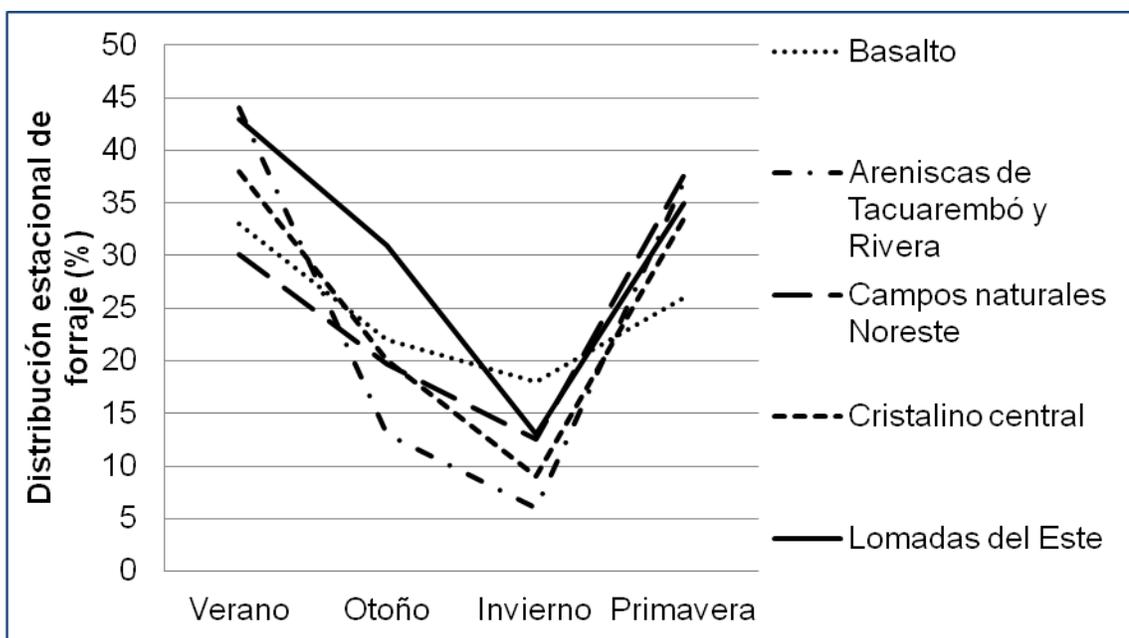


Figura 1. Gráfico de la distribución estacional de forraje según el tipo de suelo

Fuente: elaborado a partir de Bemhaja (1995), Olmos López (1997), Formoso (1997), Ayala et al. (2008).

En este contexto, como se mencionó anteriormente surgen diversos sistemas para solucionar este problema, entre ellos el sistema de Alimentación Diferencial de Terneros o ADT (Simeone et al., 2008). Este sistema propone el manejo a corral en invierno de terneros machos de entre 8 y 12 meses de edad con un peso de ingreso de 150 kg aproximadamente, permitiendo mejor eficiencia de los recursos y también liberar campos para recuperarse o ser utilizados por otras categorías. También es aplicable en las mismas condiciones para las hembras (Simeone et al., 2015).

Según Pordomingo (2004), cuando se encierran terneros/as se está aprovechando la buena eficiencia de conversión (4,5-5,5 kg MS alimento/kg ganado) de esta categoría, dada por los menores requerimientos de mantenimiento que favorecen una mayor cantidad de energía disponible para el crecimiento. También influye la composición de la ganancia que es en mayor parte músculo, hueso y agua (variable descrita y explicada más adelante) en comparación con la ganancia de animales de mayor edad y peso vivo.

Existen antecedentes de experimentos llevados a cabo en Uruguay, por Simeone et al. (2008), con terneros en sistemas de ADT en invierno, con alimentación *ad libitum* con una ración totalmente mezclada (RTM) de una relación concentrado/voluminoso: 80/20. Estos autores presentaron los resultados de los experimentos llevados a cabo en dos años consecutivos (2006 y 2007) en los cuales la eficiencia de conversión alcanzada fue en promedio de 6,4:1. Cabe destacar que este experimento difiere al realizado por el equipo por la dieta proporcionada, ya que se utilizó 20% de voluminoso, mientras que en esta investigación se utilizó 30%

La eficiencia de conversión es uno de los principales indicadores en el manejo del corral, dado su estrecha relación con la viabilidad bioeconómica del mismo. Dado que el costo de alimentación representa el principal costo de producción, estrategias de manejo del comedero, como la restricción de la oferta de alimento (cuando se usan dietas concentradas), probablemente incidan en este indicador.

En esta revisión, se analizan primeramente los factores que inciden sobre la eficiencia de conversión y de que forma el manejo de la oferta de alimento en un corral de vacunos incide sobre ellos.

2.2. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN, MANTENIMIENTO Y COMPOSICIÓN DE LA GANANCIA DE PESO

La eficiencia de conversión es un indicador utilizado para indicar la cantidad de alimento necesaria para aumentar una unidad de ganancia de peso. Por ejemplo, una eficiencia de 5:1 establece que se requieren 5 kg de alimento para que el animal aumente 1 kg. Es una forma de visualizar cuánto produce un animal con el alimento que consume (Di Marco, 2006).

Según Di Marco (2004), la eficiencia de conversión (EC) depende de tres variables: el costo de mantenimiento, el consumo y el tipo de tejido retenido.

2.2.1. Requerimientos energéticos para mantenimiento

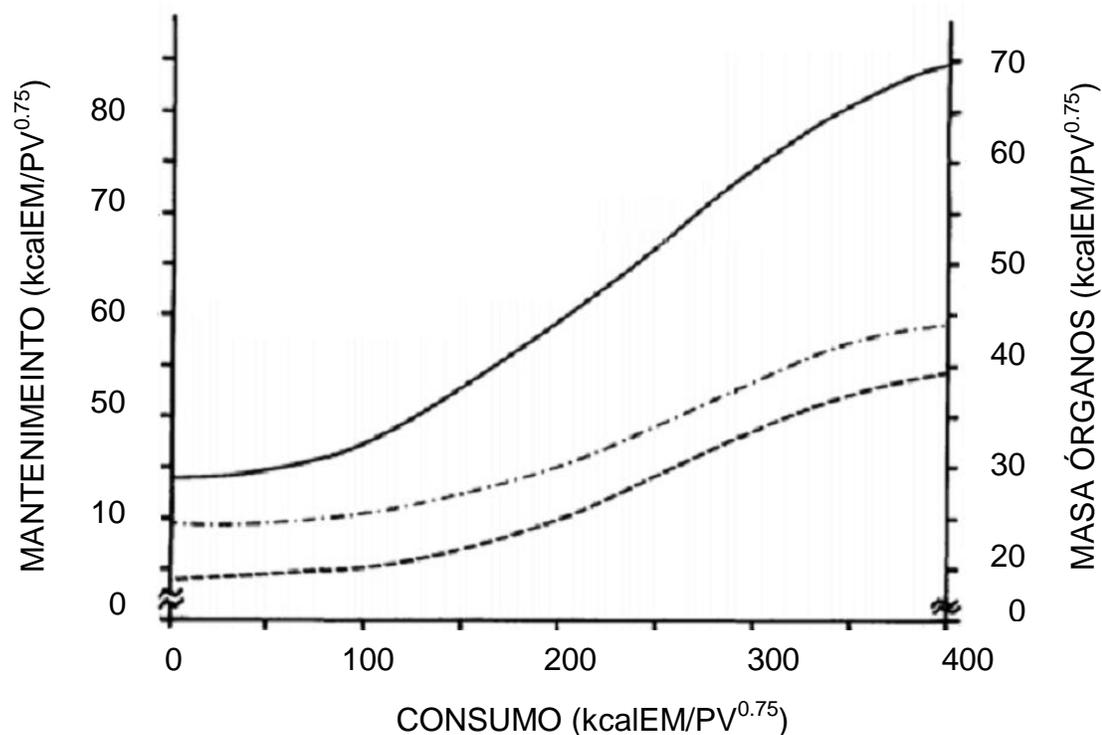
Cuando se habla de los requerimientos de mantenimiento se hace referencia a lo requerido para que un animal mantenga una condición corporal en la que ni se pierde ni se gana energía. De esa manera se logra mantener el equilibrio energético del animal. Se puede definir también como lo necesario para cubrir: el metabolismo basal, la termorregulación y la actividad voluntaria del animal (NRC, 2001). Según Baldwin et al. (1980) la energía para mantenimiento es la requerida para realizar las funciones vitales.

Cuando el consumo es por debajo de lo necesario para cubrir los costos de mantenimiento, el animal pierde peso. A su vez a medida que aumenta por encima de mantenimiento, se registran aumentos decrecientes en la ganancia de peso. Es importante tener en cuenta que cuando el consumo es demasiado reducido, la eficiencia de conversión es muy mala ya que no se diluye el costo de mantenimiento (Di Marco, 2004).

2.2.2. Metabolismo basal

El metabolismo basal es la energía mínima que consume un organismo para mantenerse vivo. Se sabe que representa hasta un 50% de los requerimientos de mantenimiento (NRC, 2001). Como es explicado por Baldwin et al. (1980) los requerimientos para el metabolismo basal se pueden dividir en dos grupos: funciones de servicio y mantenimiento celular. Las primeras, son las llevadas a cabo por diversos tejidos en beneficio del organismo e incluye las funciones realizadas por: hígado, corazón, riñones, pulmones y sistema nervioso. Todas estas suman entre 35 - 50 % de la energía destinada al metabolismo basal (Baldwin et al., 1980).

Los requerimientos energéticos de las funciones de servicio pueden variar considerablemente en función de la cantidad de alimento consumido. Existen cambios en peso del intestino e hígado dependiendo de la cantidad de comida consumida (Figura 2). Webster et al. (1975) establecieron que, del total del incremento en calor por consumo, un 40%, se debía a la energía utilizada en el intestino debido a la alimentación del animal, principalmente explicado por el aumento en el metabolismo de los tejidos periféricos. Esto podría ser una explicación de la mayor eficiencia de los animales con menor consumo residual de alimento (RFI), puesto que consumen menos y por lo tanto van a tener una menor cantidad de energía liberada como incremento en calor por consumo (Herd et al., 2009), teniendo en cuenta que el RFI se define como la diferencia entre lo que el consumo observado y lo que es predicho en función de los requerimientos de mantenimiento (Hendriks et al., 2013).



$$\text{Consumo (kcalEM/PV}^{0.75}\text{)} = \frac{126,11}{1 + 2,00262e^{-0,0036x}}$$

$$\text{Intestino (g/PV}^{0.75}\text{)} = \frac{78,25}{1 + 2,938105e^{-0,00254x}}$$

$$\text{Hígado (g/PV}^{0.75}\text{)} = \frac{78,23}{1 + 2,938105e^{-0,00254x}}$$

Figura 2. Eficiencia metabólica
Fuente: Baldwin et al. (1980).

Los requerimientos de metabolismo también son influidos por el incremento calórico de mantenimiento, el cual representa el costo de la absorción por la digestión y la asimilación de la comida. Hay dos variables identificadas, que influyen sobre el mismo: la composición de la dieta y el almacenamiento de la energía ingerida (Baldwin et al., 1980).

Si se compara una dieta alta en carbohidratos y otra con 50% carbohidratos y 50% grasa. El incremento calórico producido por la última es

menos de la mitad que el de la de alto contenido de carbohidratos (Baldwin et al., 1980).

Otra fuente de variación del incremento calórico de mantenimiento está asociada con la fijación de carbohidratos como glucógeno o grasa. Este efecto se puede reducir mediante una alta frecuencia de alimentación, ya que esto disminuye la fijación de estos carbohidratos (Baldwin et al., 1980).

El segundo factor que influye sobre los requerimientos del metabolismo basal son las funciones del mantenimiento celular, en donde se incluye la re síntesis proteica, y de lípidos y el transporte de iones. Estas funciones son esenciales para el mantenimiento de los tejidos individuales y para el de las células. El mantenimiento celular consume entre 40 - 55 % de la energía basal (Baldwin et al., 1980).

La calidad de la dieta puede afectar a la eficiencia de conversión, a través de la digestibilidad (como se explica posteriormente en el sub ítem de digestibilidad y también mediante su efecto sobre las eficiencias de utilización de la energía metabolizable, tanto para ganancia de peso (kg), como para mantenimiento (km, Mc Donald et al., 2006).

Según Mc Donald et al. (2006), las dietas que tienen mayor contenido de energía metabolizable tienen mejores valores de eficiencia de utilización (k), al ser digeridas y metabolizadas con menores costos energéticos (menor liberación de calor). Las dietas de mayor calidad tienen, por lo tanto, mayores km y kg y por lo tanto la eficiencia de conversión es mejor.

2.2.2.1. Actividad voluntaria y termorregulación

Fernández (1998), establece que entre 15 a 25 °C los animales alcanzan su máxima performance, sin embargo se considera que la zona termo neutral (donde no se activan mecanismos homeostáticos) para bovinos es entre 5 a 15 °C y entre 25 a 35°C. La termorregulación puede llegar a generar un aumento de un 39 a 43 % en el incremento calórico en muy bajas temperaturas (-17°C, Bergen et al., 2008). También en altas temperaturas se puede esperar un aumento de hasta 25 % de los requerimientos de mantenimiento (NRC, 2001).

La actividad voluntaria es aquella que realiza el animal para acostarse, levantarse, tomar y buscar agua y alimento. Es afectada entonces por todos los factores relacionados con estas acciones, que en el caso de animales en confinamiento, como pueden ser distancia al comedero o bebedero, pendiente, nivel de barro. Según el NRC (2001), se estima que la actividad voluntaria

representa un 10% de los requerimientos de mantenimiento en animales en confinamiento.

Analizar el comportamiento animal, permite un manejo más inteligente de la dieta y de los momentos de alimentación por parte del productor para poder conseguir una mejor performance animal (Dos Santos et al., 2018). También sirve para poder entender algunos procesos que hacen que un animal sea más o menos eficiente en la conversión de alimento. Hay investigaciones que respaldan que la duración y la frecuencia de la presencia del animal en el comedero están muy relacionadas positivamente con la eficiencia de conversión (Schwartzkopf Genswein et al. 2002a, Bingham et al. 2009).

Según Madsen (1939), los requerimientos de mantenimiento de un animal pueden incrementarse hasta un 15% solo por estar parado en vez de acostado.

Da Costa Gomez et al. (2013), trabajaron con 72 novillos Nelore (334 ± 19 kg PV inicial), alimentados con una dieta con una relación voluminoso/concentrado de 25/75. Se midió la RFI de todos los animales y se tomaron los 12 animales con mayor RFI (menos eficientes) y los 12 con menor RFI (más eficientes). A estos 24 animales se los estabuló individualmente, se los alimentó *ad libitum* y se les observó el comportamiento a 9 animales de cada categoría (alta y baja RFI) cada 15 minutos por dos días. En este trabajo se encontró menor grado de actividad en los animales de menor RFI, principalmente con mayores tiempos de descanso, y períodos de consumo más cortos. Según estos autores, estas características del comportamiento en animales más eficientes llevan a que disminuyan los requerimientos de energía para mantenimiento, mejorando de esta forma la eficiencia de conversión.

Nkrumah et al. (2006), trabajando con 27 novillos cruza de raza continental con británica (495 a 530 kg PV), alimentados a corral *ad libitum* con una dieta 10% voluminoso/ 90% concentrado, encontraron que la cantidad de visitas al comedero estuvieron correlacionadas positivamente con el incremento calórico pero negativamente con la digestibilidad. En cuanto al largo de las visitas las mismas se vieron correlacionadas positivamente con la producción de metano y materia seca fecal.

2.2.3. Tipo de tejido retenido

Según Brito et al. (2019) el peso vivo del animal consta de 4 tejidos predominantes, estos son: músculo, grasa, hueso y tejido conectivo. El animal gana peso y crece gracias a la acumulación de estos tejidos. Di Marco (2004) establece que cuando se estudia la producción de carne, la relación proteína:grasa, es la variable más importante a observar.

De acuerdo con Fernández (1998), el tejido muscular está compuesto por 75% de agua y un 25% de proteína. Esto concuerda con Mamani Linares et al. (2014), quienes señalan que el músculo se compone de 73 % de agua, 2,27 % de grasa y 22,46 % de proteína. Asimismo, el tejido adiposo tiene 17,2 % de agua, 5,46 % de proteína, 79 % de lípidos (Gil et al., 2003).

Según Mc Donald et al. (2006), se necesita aproximadamente cuatro veces más energía para producir un kg de tejido adiposo que para depositar un kg de tejido muscular. Esto se debe a que si bien el costo energético de producir un kg de proteína es de 13,0 Mcal, y el de un kg de grasa 13,2 Mcal, la cantidad de agua que presentan ambos tejidos es contrastante (como se explicó anteriormente), lo que genera que para producir un kg de tejido adiposo se precisen 12,5 Mcal/kg, mientras que para producir la misma cantidad de tejido muscular se necesitan 3,13 Mcal/kg.

De lo mencionado anteriormente se concluye que saber el tipo de tejido que esté depositando el animal es crucial para poder estimar la eficiencia de conversión que tendrá. Por lo tanto resulta fundamental saber cuáles son las características del animal que determinan la relación tejido muscular/ tejido adiposo.

La raza es uno de los factores que determinan el desarrollo y el crecimiento; animales de razas carniceras poseen mayor relación músculo:grasa que las razas lecheras. Esto indica entonces que, a una misma edad y alimentación, las razas carniceras presentarían mejor eficiencia de conversión que razas lecheras (Sánchez, s.f.).

Otro factor que varía dentro de los biotipos de carne es el “frame” o tamaño adulto, el cual tiene un rol importante en la eficiencia de conversión del animal.

Resulta imprescindible entonces definir ambos conceptos (“frame” y biotipos).

Según Sánchez (s.f.) biotipo se define como individuos de una misma especie que tienen características fenotípicas, productivas y reproductivas similares entre sí, que los hacen diferentes a otros individuos de la misma especie. Esta definición concuerda con la de Bavera (2009), quien agrega que un mismo biotipo incluye varias razas.

El “frame” es el tamaño estructural del animal, es decir, el tamaño del esqueleto o estructura corporal (Capozzolo et al., 2014). Según indica Di Marco (2004), los animales con “frame” de mayor tamaño son los de terminación más

tardía, demoran más tiempo en engrasarse (18% de grasa en la composición de la carcasa); lo cual concuerda con Fernández (1998) quien explica que un animal engrasado es el que presenta 20-22% de grasa en la res, ya que tienen una mayor proteína objetivo a alcanzar. Un biotipo de tamaño chico alcanza la proporción de engrasamiento deseada a un peso menor que un biotipo de tamaño grande. Lo que se traduce en que con biotipos de menor “frame” se alcancen una edad de faena menor y mayor eficiencia productiva en el sistema

Cuando el ternero nace, de acuerdo con Brito et al. (2019) la deposición de tejido muscular es la prioridad para el crecimiento del individuo, la tasa de crecimiento del tejido óseo disminuye radicalmente luego del nacimiento y el tejido graso tiene baja prioridad. Es por esto que los primeros meses de vida del animal son los de mejor eficiencia de conversión. Luego, cuando comienza la pubertad, empieza a aumentar la deposición del tejido graso, y disminuye la del músculo. Este momento en el que el tejido adiposo comienza a aumentar rápidamente se conoce como ‘punto disparador’. En esta fase, al disminuir la relación músculo:grasa, el animal se vuelve más ineficiente.

Esto concuerda con lo expresado por Di Marco (2004), quien indicó que los animales jóvenes tienen una mayor proteína objetivo que deben alcanzar, lo que se traduce en mejor eficiencia de conversión.

Conforme explicó García Trejo (2011), los machos presentan menor proporción de grasa que las hembras.

Sánchez (s.f.) explicó además que machos y hembras presentan diferencias en el “frame”, siendo más grande el de machos que el de las hembras, esto indica que las hembras son más precoces que los machos. Es por este factor que las hembras entran en la fase de engrasamiento a peso menor que los machos, resultando en una menor eficiencia de conversión al mismo peso. Este concepto concuerda con lo estudiado por Fernández (1998), quien cita una comunicación directa con Di Marco, él indica que los machos presentan mayor tamaño maduro que las hembras de la misma raza, y que esto se debe a que los mismos presentan una hormona HC., la cual promueve mayor acumulación de proteína y no de grasa.

A igualdad de los demás factores, el tipo de tejido retenido también dependerá de la tasa de ganancia. Di Marco (2004), establece que con ganancias de peso menores, se ve más afectada la retención de grasa que la de proteína y por lo tanto el porcentaje proteico aumenta.

2.3. CONSUMO, DIGESTIBILIDAD Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

2.3.1. Consumo

El consumo se relaciona íntimamente con los requerimientos de mantenimiento, dado que al aumentar el consumo, aumenta la energía necesaria para la digestión, en parte por un aumento del tamaño de los órganos digestivos (factor que fue explicado anteriormente), pero también por un incremento en el costo energético para mantener todos los tejidos (Herd et al., 2009).

Una vez cubiertos los requerimiento de mantenimiento, la eficiencia de conversión comienza a mejorar de forma lineal, por lo tanto, con mayor consumo se obtendrá mejor eficiencia de conversión (dentro de un rango), ya que se 'diluyen' los costos de mantenimiento. La eficiencia de conversión llega a un punto donde disminuye por diversos factores, como puede ser mayor rechazo en el comedero, un aumento en los requerimientos de mantenimiento (este factor fue tratado anteriormente) o digestibilidad (Di Marco, 2004).

2.3.1.1. Variaciones en el consumo

El consumo no es constante entre días, ni dentro de un mismo día. Estas variaciones pueden afectar indirectamente a la eficiencia de conversión (Anderson et al., 2012).

Anderson et al. (2012) establecieron que variaciones en el consumo de materia seca promueven una baja en el pH ruminal, generando un estado de acidosis que provoca que disminuya el consumo posterior de alimento. De esta forma afectan también la eficiencia y la ganancia. Los mismos autores explican que el consumo de cada día es importante porque se da lo que se conoce como el efecto "montaña rusa" (lo que el animal come un día afecta lo que va a comer el siguiente y así sucesivamente). Por ejemplo, si un día el animal come menos de lo que debería, al siguiente día, a la hora de comer va a tener hambre por lo que va a comer mayor cantidad y en poco tiempo, aumentando la producción y concentración de ácidos grasos a nivel ruminal. Esto va a llevar que al tercer día el animal no se sienta bien y consuma menos alimento que el esperado.

Pritchard et al. (2003) también determinaron que el aumento y disminución del consumo de materia seca entre días produce una baja en la eficiencia de ganancia de peso.

En cuanto al pH, en un experimento llevado a cabo por Soto Navarro et al. (2000), con novillos cruza (británico x continental) de más o menos 350 kg, alimentados con una dieta con 90% de concentrado, se aplicaron tres tratamientos: siempre la misma cantidad de alimento ofrecido, fluctuación de 10 %

más o menos alimentando una vez por día, o igual que el segundo pero alimentando dos veces por día.

Se observó que cuando el pH estaba a menos de 6,2, la mayor bajada de pH ruminal total en 24 horas fue en el ganado alimentado una vez por día con las fluctuaciones del 10%, y en los que eran alimentados dos veces por día con consumo constante. La menor bajada fue para los novillos alimentados dos veces por día con 10% variable. Las razones para esto no son claras, sin embargo, según Soto Navarro et al. (2000) en novillos en los que se vio la mayor bajada de pH se vieron: aumentos en la acumulación de ácidos grasos volátiles totales (VFA) y amoníaco, los cuales se corresponden con una menor tasa de dilución de fluidos, mayor tiempo de retención y mayor digestibilidad total de la MO, nitrógeno y almidón. Al comparar los novillos alimentados una vez por día, se vio que los que tuvieron consumo constante tuvieron un pH ruminal más alto en comparación los que tenían un consumo variable (Soto Navarro et al., 2000). Así mismo al comparar el pH ruminal de ganado con variaciones en el consumo, el pH fue menor en animales que tenían una alimentación restringida. En cambio los que fueron alimentados *ad libitum* no mostraron variaciones (Gibb et al., 1999b). Esto se da porque en la alimentación restringida se dan pocas veces en el día grandes ingestas de alimento (Fanning et al., 1999).

2.3.1.2. Oferta *ad libitum* vs. restringida

Para poder definir la restricción alimentaria de los animales a corral hay que definir primero la alimentación *ad libitum*, en esta el animal tiene acceso continuo a la comida y lo que se busca es maximizar el consumo. En cambio, en el consumo restringido se busca que el rechazo en el comedero no exceda un pequeño porcentaje de lo administrado (Galyean 1999, Schwartzkopf Genswein et al. 2000).

La alimentación programada y la alimentación restringida son dos formas de controlar lo que el animal ingiere. La primera es un método donde se define la ganancia de peso vivo buscada para el animal y luego se calcula cuánto alimento se requiere para cumplir ese objetivo; mientras que la alimentación restringida se basa en limitar el consumo (Galyean, 1999b).

Según Gibb et al. (1999a) con el consumo restringido se busca maximizar el consumo en todo el período (a diferencia del manejo *ad libitum* que busca maximizar el consumo diario) más que nada evitando las bajas en el consumo por acidosis. Asimismo Schwartzkopf Genswein et al. (2003), establecieron que el objetivo de un consumo restringido es disminuir los problemas ruminales por consumo exagerado de alimento. Las investigaciones sobre este tema han dado resultados conflictivos.

Fanning et al. (1999) realizaron un experimento con novillos de sobreaño, alimentándolos con dos regímenes distintos: unos *ad libitum* (24 horas de acceso al alimento) y otros restringidos (14 horas de acceso al alimento); donde determinaron que el consumo restrictivo puede causar acidosis subclínica y una menor cantidad de alimento consumido en el día. Gibb et al. (1998), Prawl et al. (1998), quienes restringieron la alimentación en tiempo de acceso: 9 horas; Schwartzkopf Genswein et al. (2002b), que restringieron al 95% del *ad libitum*, descubrieron mayores tasas de consumo en animales con consumo restrictivo.

Gibb et al. (1999a), establecieron que existen dos conceptos distintos: alimentación restringida y alimentación limitada. Estos autores indicaron que la alimentación restringida busca alcanzar los consumos máximos, mientras que la limitada necesariamente reduce el consumo. Se encontró que cuando se utiliza esta última es posible mejorar la eficiencia de conversión con poca variación en la ganancia de peso.

Anderson et al. (2012), hicieron referencia a que ofrecer hasta un 8% menos de lo que se conoce como el consumo *ad libitum*, da mejores eficiencias de conversión. Se observó que los animales con alimentación restringida (96% y 92% de consumo *ad libitum*), tienen menos selección, por lo que la variabilidad de consumo de materia seca diario disminuye y se ve una mejor eficiencia de conversión que en animales *ad libitum* (Plegge et al., 1986).

Cavallini et al. (2018), realizaron un experimento en el que se utilizaron 2 vacas multíparas de raza Holstein por tratamiento, las cuales se dividieron en cuatro tratamientos: uno tenía la ración *ad libitum* disponible las 24 horas y con acceso a heno *ad libitum*; el segundo igual acceso ración, pero sin acceso a heno; el tercero tenía acceso a ración *ad libitum* disponible 19 horas y con acceso a heno *ad libitum*; por último igual acceso a ración pero sin acceso a heno. Se alimentaban todos a las 2000 horas y la ración fue la misma para todos: ración totalmente mezclada con relación concentrado/voluminoso de 65/35. En el mismo no vieron diferencias en la producción de leche entre ninguno de los tratamientos, por lo que los autores afirman que las vacas con ración accesible por 19 horas lograron una mayor eficiencia de conversión (porque como se explicitó anteriormente el consumo de las mismas fue menor). Estos autores establecieron que probablemente esto se deba a un mayor tiempo de retención del alimento y una mejor digestibilidad en todo el tracto. Sin embargo este trabajo no considera la posible movilización de reservas por parte de los tratamientos restringidos para mantener la misma producción. En el grupo más eficiente (acceso a la ración por 19 horas) se observó que 12 horas después de la alimentación se dio una menor concentración de amoníaco en rumen.

Según Pritchard (1998), hay muchos factores que afectan a la eficiencia de conversión relacionada con la alimentación restringida, pero no hay que dejar de tener en cuenta que las variaciones diarias de consumo de alimento son minimizadas en este sistema (alimentación restringida).

González Vizcarra et al. (2017), restringieron el consumo a través del tiempo de acceso al comedero por parte de los animales. En su experimento, trabajaron con 96 novillos cruza (251 +/- 2 kg), distribuidos al azar en 4 tratamientos. Estos fueron alimentados con 77,1% de maíz molido o "steam flake", ofrecido *ad libitum* (comida disponible las 24 horas, pesando el rechazo a primera hora de la mañana) o restrictivo, donde se los alimentaba a las 0600 y 1400, permitiendo el acceso durante una hora luego de suministrado el alimento. El experimento duró 56 días. Los resultados del estudio indicaron que cuando se restringe el acceso al comedero a dos horas diarias se reduce el consumo de materia seca y por lo tanto la ganancia media diaria. Según los autores, esta restricción no debería limitar la habilidad del ganado para poder consumir una cantidad suficiente de comida para expresar su crecimiento potencial, por lo tanto cambios en la performance entre *ad libitum* y los restringidos podrían indicar la importancia del tamaño de cada ingesta y la frecuencia de alimentación.

Cuadro 1. Efecto de la restricción en la oferta de alimento sobre el pH ruminal, digestibilidad, ganancia de peso, comportamiento ingestivo y eficiencia de conversión

a) Consumo, ganancia de peso y eficiencia de conversión

Au.	Cat. (PV, kg)	Grano en dieta (%)	No. de c.	Of. de alimento	CMS (kg/d)	GMD (kg/d)	EC
1.	Novillo (350)	84,6	1	<i>Ad L.</i>	8,8	1,55 ^a	5,7 ^a
				96% <i>Ad L.</i>	8,4	1,51 ^b	5,5 ^b
				92% <i>Ad L.</i>	8,1	1,46 ^c	5,5 ^b
2.	Ternero (160- 220)	48,8	2	<i>Ad L.</i>		1,18 ^a	6,2 ^a
				85% <i>Ad L.</i>		1,00 ^b	5,9 ^a
				70% <i>Ad L.</i>		0,73 ^c	6,2 ^a
3.	Ternero (170)	59,6	2	<i>Ad L.</i>		1,29 ^a	5,3 ^a
				85% <i>Ad L.</i>		1,01 ^b	5,3 ^a
4.	Novillo (250)	77,1	2	24 hs	6,0	1,23 ^a	4,9 ^c
				2 hs	4,9	0,92 ^b	5,3 ^a

b) Digestibilidad y comportamiento ingestivo

Au.	Cat. (PV, kg)	Grano en dieta (%)	No. de c.	Of. de alimento	CMS (kg/d)	DMS (%)	VC	Ti. C. (min/día)	TC
5.	Novi. Angus (250)	80	2	2,1% PV		48,8 ^d			
				1,8%PV		49,9 ^c			
				1,5%PV		53,5 ^b			
				1,2%PV		59,0 ^a			
6.	Novi. (250)	16		1,8% PV		78,2 ^d			
				1,5% PV		79,5 ^c			
				1,1% PV		84,7 ^b			
				0,9% PV		86,4 ^a			
7.	Novi. sobreaño	84,6	1	24 h	14		7,5 ^a	515 ^a	17,9 %/h ^b
				14 h	15		6,2 ^a	521 ^a	27,1 %/h ^a
8.	Novi. y vacas (470)	80	2	Ad L.	9,9		17 ^a	131,1 ^a	0,2kg/ min ^b
				95% de Ad L.	9,1		16 ^b	95,2 ^b	0,23kg /min ^a

Au. (autor), GMD (ganancia media diaria), DMS (digestibilidad de la materia seca), EC (eficiencia de conversión), PV (peso vivo), CMS (consumo); Cat. (categoría), VC (visitas a comedero), TC (tasa de consumo), Ti. C. (tiempo en comedero); Novi. (novillos); Ter. (terneros), No. de c. (Numero de comidas), Of. (Oferta), Ad L. (ad libitum).

*Las diferencias significativas están indicadas con letras (A, B, C, D) en las variables de interés.

**En el trabajo de: Zinn et al. (1983) la digestibilidad es ruminal y de la materia orgánica.

Autores: 1. Plegge et al. (1986), 2. Ceconi et al. (2010), 3. Albornoz et al. (2009), 4. González Vizcarra et al. (2017), 5. Zinn et al. (1983), 6. Galyean et al. (1979), 7. Fanning et al. (1999), 8. Schwartzkopf Genswein et al. (2002b).

En el Cuadro 1, en algunos trabajos la restricción es por cantidad de alimento ofrecida (Galyean et al. 1979, Zinn et al. 1983, Plegge et al. 1986, Schwartzkopf Genswein et al. 2002b, Albornoz et al. 2009, Ceconi et al. 2010) y en otros por el tiempo en el que el mismo está accesible (Fanning et al. 1999, González Vizcarra et al. 2017).

En uno de los cuatro que reportan datos de eficiencia de conversión, se observa que ésta mejora 3.5% al restringir la alimentación (Plegge et al., 1986). Se observó una similar tendencia en la eficiencia en Cavallini et al. (2018).

Sin embargo, en dos de las investigaciones (Albornoz et al. 2009, Ceconi et al. 2010), las únicas que fueron con terneros, no existieron diferencias significativas en la eficiencia de conversión al restringir la alimentación hasta 70 y 85% de ad libitum, respectivamente, hay que tener en cuenta que estos utilizaron una ración totalmente mezclada con bajo porcentaje de grano.

Asimismo, en el experimento de González Vizcarra et al. (2017) la eficiencia empeora un 8% con la restricción, posiblemente debido al tamaño de cada ingesta y a la frecuencia de alimentación.

Las ganancias en general tienen poca variación entre tratamientos y los consumos disminuyen con la restricción en todos los trabajos revisados (a excepción del primero).

En cuanto al comportamiento se observa que los animales que estuvieron restringidos tuvieron menos visitas al comedero pero mayor tasa de consumo.

Los trabajos que tienen datos de digestibilidad se discuten a continuación.

2.3.2. Digestibilidad

Se entiende como digestibilidad a la proporción del alimento ingerido que está disponible para la absorción. Es la proporción de lo ingerido que no es desechado por el animal (Marichal, 2012), *“por definición, es la fracción de alimento consumido que no aparece en las heces y por lo tanto se absorbe en el tracto gastrointestinal.”* Osorio Carmona et al. (2012).

2.3.2.1. Digestibilidad, tasa de pasaje y consumo

La digestibilidad de la materia orgánica disminuye un 4% por cada incremento en el consumo (NRC, 2001), probablemente dado por el aumento de la tasa de pasaje y por lo tanto menor tiempo de retención en rumen.

Zinn (1995) estableció que mejoras en la digestibilidad por menores consumos son contrarrestados con un porcentaje mayor de energía digestible perdida como metano. Sin embargo, Hendriks et al. (2013) quienes también relacionaron el menor RFI con una mayor digestibilidad de la materia seca consumida, establecieron que animales con menor RFI emitieron menos cantidad de metano.

Richardson et al. (1996) también utilizaron el RFI para analizar la relación entre la digestibilidad, consumo y eficiencia. Determinaron que toros jóvenes y vaquillonas de baja RFI tuvieron una digestibilidad de la materia seca un 1% mayor en relación a los de alto RFI. Establecieron además, que este 1% es

responsable de la diferencia de 14% en consumo entre animales de alto y bajo RFI. Podría afirmarse que una diferencia en digestibilidad implica una diferencia en la eficiencia de conversión (Herd et al., 2009).

Así mismo, Zinn et al. (1983) en un experimento con cuatro novillos Aberdeen Angus (250 kg) a los que se alimentó con una dieta con un 80% de concentrado al 1.2, 1.5, 1.8, 2.1 % del peso vivo en dos comidas (0800 y 2000 horas) observaron que, al aumentar el nivel de consumo de 1,2 a 1,8 % del peso vivo, se encontró un aumento de la eficiencia microbiana. Pero al seguir aumentando el nivel de consumo esta eficiencia disminuyó, probablemente porque está limitada por otro factor.

Cabe mencionar que el tratamiento menos restringido de este experimento (2.1%) es el único que se podría equiparar a la investigación y solo en el tratamiento más restringido de la misma (2.2%). El resto de los tratamientos no serían comparables. Tomando en cuenta además que ni el sexo ni la edad coinciden con la de los animales del experimento

Zinn (1995), determinó un aumento en la digestibilidad con pequeñas restricciones en el consumo (en el rango de 1 a 2 veces la energía de mantenimiento). Así mismo, Galyean et al. (1979) observaron una disminución de 9,5% en la digestibilidad de la materia orgánica cuando el consumo era aumentado de 1 a 2 veces la energía de mantenimiento (Cuadro 2).

Zinn et al. (1983), observaron que al aumentar el nivel de consumo de 1,2 a 2,1% del peso vivo, la digestibilidad ruminal de la materia orgánica disminuyó un 10%, mientras que la del almidón aumentó un 12%. Se pudo constatar que al aumentar el consumo de los animales también lo hizo la cantidad de nitrógeno que pasaba al intestino sin ser digerido en rumen. También se encontró una relación positiva y lineal entre el nivel de consumo y la cantidad de alimento que no se degrada en rumen, por ejemplo cuando aumentó el consumo de 1,5 a 2,1 % del peso vivo, el pasaje de alimento aumentó en un 47%.

Cuadro 2. Influencia del nivel de consumo en características de la digestión ruminal y total

Ítem	Consumo de materia seca (% peso vivo)				EE*
	0,9	1,1	1,5	1,8	
Repeticiones	4	4	4	4	
Peso corporal (kg)	285	285	285	285	
pH ruminal	6,3	6,3	6,2	6,0	0,1
Digestión ruminal (%)					
Materia orgánica ^a	69,9	67	63,1	63,1	2,0
Almidón ^a	94,5	92,8	92,4	89,5	0,9
Digestión en todo el tracto (%)					
Materia orgánica ^a	86,4	84,7	79,5	78,2	1,0
Almidón ^a	99,6	98,4	93,8	90,4	1,1
Nitrógeno	78,9	77,4	74,2	76,8	1,6

EE= error estándar ^a Efecto lineal P<0,05

Fuente: Galyean et al. (1979).

Zinn (1995) determinó que la eficiencia microbiana ruminal está afectada en gran parte por la tasa de pasaje de la materia orgánica indigestible en rumen, cuando el consumo ha deprimido la digestión ruminal de la materia orgánica, la eficiencia microbiana ruminal aumenta.

En cuanto a la relación de la digestibilidad con la frecuencia de alimentación, Soto Navarro et al. (2000), en un experimento explicado anteriormente (novillos cruza alimentados de tres formas: siempre la misma cantidad, fluctuando 10% alimentándolos una o dos veces por día), establecieron que la digestibilidad de materia seca en general disminuye a medida que aumenta la cantidad ingerida. En este experimento se observó que el ganado alimentado 2 veces por día con 10% fluctuación tenía un consumo 9,1% superior, lo puede haber resultado, por lo tanto, en una menor digestibilidad de materia orgánica, nitrógeno y almidón.

Existe una interacción entre la variación en el consumo y la frecuencia de alimentación para las digestibilidades de materia orgánica, nitrógeno y almidón. En los tratamientos en los que fueron alimentados una vez por día no hubo diferencia de digestibilidad. En cambio, en los que fueron alimentados dos veces por día, la digestibilidad fue menor en los que tenían un 10% de variación en el consumo (Soto Navarro et al., 2000).

2.4. COMPORTAMIENTO ANIMAL Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

Pritchard y Burns (2003) al hablar del manejo de comederos se refieren al manejo de la alimentación de los animales, en el que se les limita el acceso a la comida, ya sea en cantidad o en tiempo de disponibilidad. Estos autores establecieron que el consumo de materia seca puede estar alterado por el manejo del comedero, mediante el efecto que tiene el mismo en el comportamiento de los animales. Por ejemplo, al restringir la alimentación al punto que el animal ingiere todo lo que se le ofrece, a la próxima comida está esperando con ansias y vuelve a consumir todo lo que se pone en el comedero. De esta forma se evitan grandes variaciones en el consumo de materia seca diario.

Gonyou et al. (1984), estudiaron el comportamiento a corral en novillos puros de distintas razas (Hereford, Angus, Charolais, Simmental, Shorthorn, Galloway, Maine Anjou y Chianina) de 366 kg a 505 kg al final del experimento, alimentados *ad libitum* con una ración 57% de ensilaje de cebada, 28% de avena, 8% de heno de alfalfa, suministrada dos veces por día a las 0900 y 1600 horas. Se realizaron observaciones cada una hora, por 24 horas, cada dos semanas, reportándose que los animales pasaban un 9,8% del tiempo comiendo, 1,9% tomando agua, 27,4% parados y 60,4% acostados registrándose dos picos de alimentación, a las 1000 y al final de la tarde (dos horas antes del atardecer).

Putnam y Davis, citados por Shutz et al. (2011), también encontraron que parte de la ingesta se daba en la noche, mientras que el 79% de la misma se daba entre las 6 de la mañana y las 6 de la tarde.

Según Streeter et al. (1999) el comportamiento es generalmente diurno con picos de alimentación temprano en la mañana (amanecer) y en la tarde-noche (atardecer), esto puede cambiar un poco en los animales en confinamiento en función del momento de suministro del alimento.

Hicks et al. (1989) estudiaron el comportamiento de noventa y tres novillos cruza (de razas británicas) de un año que se observaban cada 30 minutos por 24 horas, siendo alimentados con una ración compuesta por 80% de maíz partido y 11% de alfalfa picada, suministrada en dos comidas diarias a las 0700 y 1600 hs.

Estos autores reportan que los animales pasaban un 6,6% del tiempo comiendo, 15,5% rumiando y 54,4% descansando. Se registraron dos picos de alimentación, a las 0650 y a las 1700 h, y un pequeño pico a las 2100 h, en tanto que los picos de rumia y descanso eran contrarios a los de alimentación. Los picos de alimentación se relacionaron con el momento de suministro del alimento (0700 y 1600), se podría decir que la oferta de alimento fresco estimula el consumo.

En un experimento llevado a cabo por Shutz et al. (2011) en el cual se usaron tres tratamientos con distintos niveles de rechazo en el comedero: tratamiento 1 sin rechazo; tratamiento 2 hasta 0,25 kg MS/animal de rechazo; tratamiento 3 entre 0,25 y 1,0 kg MS/animal de rechazo, los animales que no deberían dejar rechazo tuvieron menores consumos diarios que los otros que sí tenían rechazo. La variación en el consumo diario de materia seca estuvo explicada en su mayoría por el consumo que se daba entre las 0700 y las 1600 horas.

Cavallini et al. (2018) en un experimento explicado anteriormente (vacas Holstein con acceso a ración *ad libitum*, variando el acceso al fardo entre *ad libitum*, sin acceso o 19 horas de acceso) registraron un mayor consumo de ración en vacas que tenían acceso 24 horas al alimento en relación a las de acceso de 19 horas. En cuanto al comportamiento las vacas que tuvieron por menos tiempo la ración disponible consumieron el 37,1% del heno en las siguientes 5 horas a que se retirara la ración, mientras que las que tenían la ración accesible todo el día consumieron un 14,4% del heno en el mismo período.

En relación a la rumia, alimentación y descanso, se pueden analizar dos variables: frecuencia y duración. La frecuencia está correlacionada a la eficiencia de conversión y la duración a la ganancia media de peso. Los animales con mayores ganancias tienen mayor tiempo de descanso y rumia (Hicks et al., 1989). Estos autores plantearon que, si aumentan los tiempos de consumo y rumia, también aumenta el pasaje de saliva al rumen, la reducción en el tamaño de partículas y el pasaje ruminal. Por lo que también aumentaría la eficiencia de utilización del alimento y se reduciría la posibilidad de ocurrir acidosis.

Damiran et al. (2015), realizaron un experimento a corral con 140 vaquillonas que dividieron según el RFI, alimentadas con una ración totalmente mezclada con relación concentrado /voluminoso de 10/90. En todos los grupos se pudo ver una correlación moderada entre el tiempo que estaban alimentándose y el consumo de materia seca. También se pudo ver que para vaquillonas del grupo de bajo RFI, la eficiencia de conversión estaba moderada y positivamente correlacionada con el tiempo que estaban alimentándose, sugiriendo que las vaquillonas más eficientes están menos tiempo alimentándose. En cambio en las vaquillonas de mayor RFI esta correlación es menos clara, casi nula.

Bingham et al. (2009) realizaron un experimento en un corral con 115 vaquillonas Brangus que también se dividieron en grupos según su RFI, alimentadas con una dieta en base a forraje, encontrando que las vaquillonas dentro del grupo de alto RFI consumieron 21,9% más materia seca pero con igual ganancia y peso vivo comparando con las de bajo RFI. Las vaquillonas de alto RFI pasaron menos tiempo en “eventos de cabeza baja” (es el evento en el que la

vaquillona está en el comedero con la cabeza baja), y consumieron a una mayor tasa y frecuencia.

Schwartzkopf Genswein et al. (2002b) llevaron a cabo un trabajo en el cual se utilizaron seis novillos cruza Charolais (470 kg) y seis vaquillonas cruza Charolais (480 kg). Los mismos se alimentaron con una dieta de terminación *ad libitum* en los primeros 28 días y por los siguientes 26 días con una restricción del 95% del promedio del período anterior. La dieta consistía en 80% de grano de cebada, 15% de ensilado de cebada y 5% de suplemento, que contenía vitaminas y minerales. Se administró la ración dos veces por día: 0830 y 1330 horas.

En este trabajo se determinó que el tiempo promedio diario en el comedero fue de 112 minutos por día. Esta variable se encuentra correlacionada con el promedio de consumo diario, por lo que cuanto más tiempo este el animal en el comedero más alimento consume. En cambio al observar la frecuencia con la que se visita el comedero (número de visitas), que fue en promedio de 16,8 veces por día, no se encontró correlación de esta variable con el consumo.

Existió una correlación positiva entre la duración de la visita a comedero y la ganancia diaria de peso, pero negativa con la eficiencia de conversión. Mientras que no se encontró relación entre la frecuencia de visita a comedero y la ganancia de peso.

En este mismo trabajo Schwartzkopf Genswein et al. (2002b), encontraron que al comparar el comportamiento del ganado del periodo que se alimentaron *ad libitum* con el periodo que tuvieron una alimentación restringida, se observó que en el primer período se realizaron visitas más largas y más frecuentes a los comederos que en el último.

Los consumos diarios también variaron, siendo mayores en el período que se alimentó *ad libitum*, sin embargo, en el periodo restringido, se encontraron mayores consumos en las 3 horas que le siguieron a la oferta del alimento. Según los autores esto probablemente sea porque al estar restringidos los animales están con hambre y esperando la comida.

La tasa de consumo según González Vizcarra et al. (2017) es el alimento consumido en una unidad de tiempo establecida (ejemplo: kg/min). Estos autores explicaron que esta tasa ha sido un tema controversial, obteniéndose resultados de 0.075 hasta 0.400 kg/min y explicaron que estas diferencias están asociadas a cómo se mide el tiempo en el comedero, asociado al tipo de tecnología que se tenga disponible (algunas registran proximidad al comedero, algunas registran cuando el animal baja la cabeza, como también puede ser por observación

directa). En su experimento la tasa de consumo fue de 0,38 kg/min con una frecuencia de visita al comedero de 7,1 veces por día.

Por otro lado Schwartzkopf Genswein et al. (2003), observaron una tasa de consumo de 0,077 kg/min, con una frecuencia de 9 visitas al comedero/día.

Golden et al. (2008), obtuvieron una tasa de consumo de 0,14 kg/min con una frecuencia de 16 visitas por día al comedero.

De los experimentos antes mencionados se desprende que la frecuencia de visitas al comedero puede variar. Sin embargo, cabe destacar que en ninguno de los experimentos los animales estuvieron más de dos horas/ día en el comedero.

2.5. APRECIACIONES GENERALES SOBRE ANTECEDENTES EVALUANDO LA ALIMENTACIÓN RESTRINGIDA

Los antecedentes evaluando la restricción de la oferta del alimento como forma de mejorar la eficiencia de conversión no son homogéneos y varían en términos de tipo de animales utilizados (sexo, edad, raza), en el tipo de dieta (variando la relación concentrado/voluminoso y los componentes), en el tipo de restricción (restringiendo en tiempo o de la cantidad de alimento ofrecido, variando en la magnitud de la restricción), entre otros.

Es escasa la información relacionando la restricción en la oferta de alimento y su efecto sobre el comportamiento animal. Si bien se citan varios experimentos, la mayoría de ellos se centró en cuantificar la actividad de consumo, sin profundizar sobre su relación con otras variables como la digestibilidad, o caracterizando otros componentes del comportamiento como el tiempo dedicado a la rumia y al descanso y su relación con la eficiencia de conversión.

Además, no se encontró ninguna investigación que evaluara en categorías jóvenes el efecto de un mayor rango de restricción en la oferta de alimento con respecto a la oferta *ad libitum*. Quedando planteadas preguntas tales como si existe un nivel de restricción óptimo para obtener la mejor eficiencia de conversión; o ¿cómo se ven afectados la digestibilidad, el comportamiento y en la eficiencia de conversión? Si bien muchos de los trabajos reportados especulan sobre cambios en la digestibilidad para explicar la respuesta observada en eficiencia de conversión, no proporcionan un valor para la misma.

2.6. HIPÓTESIS

A partir de lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente hipótesis. Existe un nivel óptimo de restricción en la oferta del alimento con respecto al suministro *ad libitum* que mejora la eficiencia de conversión en terneras alimentadas a corral con dietas concentradas. Cambios en la respuesta al nivel de restricción estarían mediados por modificaciones en el comportamiento ingestivo del animal, y el aprovechamiento digestivo del alimento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento fue realizado desde el 19/06/2018 hasta el 18/09/2018 en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), de la Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay.

3.2. INFRAESTRUCTURA

Se utilizaron corrales individuales de 2 metros de ancho por 4 metros de largo. Los mismos estaban ubicados en un galpón techado, donde la mitad de cada corral tenía techo y la otra mitad queda fuera del mismo. Cada corral tenía dentro un comedero y un bebedero.

3.3. ALIMENTO

Se utilizó una ración totalmente mezclada compuesta por un 70% de ración comercial peleteada y un 30% de fardo de moha picado. En el Cuadro 3 se presenta la composición química de ambos ingredientes y de la ración totalmente mezclada suministrada.

Cuadro 3. Composición química de los ingredientes y de la ración totalmente mezclada

Ingredientes (% MS)	Heno de moha	Ración comercial	RTM
MS (%)	89,6	88,5	88,8
Cenizas (%)	10,4	6,5	7,6
Proteína cruda (%)	8,4	20,7	17,0
aFDNmo (%)	73,9	28,9	42,4
FDAmo (%)	42,8	9,1	19,2
EE (%)	0,1	1,4	1,0

* Composición de etiqueta comercial de la ración: 18 % de proteína bruta, 2,5% de extracto etéreo, 8% de fibra cruda, 20% de minerales totales, 1% de cloruro de sodio, 12,5% de humedad.

Abreviaciones: MS (materia seca), EE (extracto etéreo), FDAmo (fibra detergente ácida de la materia orgánica), aFDNmo (fibra detergente neutra de la materia orgánica), RTM (ración totalmente mezclada).

3.4. ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Treinta y dos terneras Hereford, nacidas en la primavera 2017, con un peso inicial promedio de 161 ± 26 kg fueron asignadas al azar a uno de cuatro

tratamientos (n= 8), definidos por niveles crecientes de restricción de oferta diaria de alimento con relación a la oferta *ad libitum*: 0%, 10%; 20%; 30%.

Estos niveles fueron fijados a inicio del experimento representando en 3,19; 2,86; 2,53 y 2,2 kg de MS/ 100 kg de peso vivo por animal, y ajustándose la oferta en función del cambio en peso vivo.

3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Los animales fueron introducidos gradualmente a la ración experimental, al nivel de suministro y acostumbrados a la estabulación individual.

El primer día del acostumbramiento se separaron los animales en 2 grupos, uno con el tratamiento 2,2 y 2,5 y el otro con el 2,9 y 3,2. Se les suministró a todos fardo y agua *ad libitum*. A medida que fueron pasando los días, se separaron por tratamiento, luego de a 4 animales, después de a dos y por último en corrales individuales. El segundo día se comenzó a suministrar ración, aumentando día a día la proporción de la misma y disminuyendo la de fardo hasta llegar a una relación, al final del acostumbramiento, ración/fardo de 70/30 con todos los tratamientos *ad libitum*. Durante todo el período de acostumbramiento tuvieron libre acceso al agua.

El alimento fue suministrado en dos comidas diarias durante los primeros 17 días, alimentando a los animales en la mañana (8:00) y en la tarde (15:30), pasando luego a 3 veces por día (80 días restantes), mañana (8:00-8:30) al mediodía (12:30-13:00) y en la tarde (16:30-17:00).

Todas las semanas se tomaron muestras de ración y fardo, para la determinación del contenido de materia seca (MS) y ajuste de las cantidades ofrecidas. Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas, de manera tal de poder estimar el porcentaje de materia seca de los alimentos. Luego estas muestras fueron molidas para su posterior análisis químico.

3.6. REGISTROS Y MEDICIONES

El trabajo de campo fue realizado en conjunto con los Bach S. Aldaya, M. Ayala, y J. Stirling, responsables de la evaluación de la respuesta productiva. En el marco de dicho trabajo, el peso vivo de las terneras fue registrado cada 14 días, siempre de mañana y antes de la primera comida. Diariamente se registró el consumo de MS, como la diferencia entre la cantidad de MS ofrecida y el rechazo a la mañana siguiente, descartándose este último una vez pesado.

Las mediciones realizadas en el presente trabajo, y que se describen a continuación, fueron repetidas a inicio, mitad y final del periodo de alimentación de las terneras: semanas 4, 7 y 11, respectivamente. Dentro de los 7 días de cada semana, tres días consecutivos se dedicaban a registrar el comportamiento animal, seguido de otros tres días consecutivos que correspondieron a la evaluación *in vivo* de la digestibilidad aparente.

3.6.1. Comportamiento

El comportamiento animal fue monitoreado en las 32 terneras desde las 7:40 hasta las 18:20 durante tres días consecutivos. El mismo fue realizado registrando cada 10 minutos, mediante observación directa, la actividad que se hallaba realizando el animal: descansando, comiendo (se consideraba que el animal estaba comiendo cuando se encontraba con la cabeza baja en el comedero), tomando agua o rumiando.

3.6.2. Patrón de consumo de materia seca

Durante los mismos días que se registró comportamiento, se pesó la cantidad de alimento que se encontraba en el comedero previo al suministro de cada comida y una vez finalizada la jornada (horas luz), con el objetivo de tener una estimación del patrón del consumo diario de alimento.

3.6.3. Digestibilidad aparente

La digestibilidad aparente de la MS y materia orgánica del alimento fueron estimadas utilizando la concentración de cenizas insolubles en ácido (CI) como marcador interno (Rodríguez et al. 2007, Sánchez Orozco et al. 2007). A tales efectos, se realizó recolección de muestras de heces de todas las terneras en tres días consecutivos; el primer día se recolectaron las heces de la mañana, el segundo día al mediodía y el último se recolectaron las de la tarde. Para realizar la recolección de las muestras se observaron todas las terneras, recolectando las muestras de heces del suelo a medida que se realizaban las deyecciones, intentando evitando la contaminación de las mismas. Las muestras fueron congeladas para su conservación hasta su posterior procesamiento.

Una vez finalizado el periodo experimental, las muestras diarias de heces fueron descongeladas, combinadas en una muestra compuesta por terneras y por semana de muestreo, totalizando 96 muestras (32 por cada evento). Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado durante 7 días (peso constante), fueron molidas y conservadas hasta posterior análisis químico.

El mismo procedimiento fue realizado con muestreos del alimento, realizados en los días anteriores a cada día que se muestrearon heces. En este caso las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado por 48 horas.

3.6.4. Caracterización del aporte de fibra efectiva

Durante las tres semanas estudiadas se realizó la caracterización de la distribución del tamaño de partículas y la estimación del aporte de fibra físicamente efectiva (FDNfe) utilizando el separador de partículas Penn State (Heinrichs et al., 2016). Esta determinación fue realizada sobre muestras de concentrado, fardo de moha y RTM, tomadas en el primer día de cada semana.

3.6.5. Registros climáticos

Durante el periodo experimental, los registros de lluvias, vientos y temperaturas fueron tomados de la estación meteorológica de la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC), de la Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay.

3.7. VARIABLES CALCULADAS

3.7.1. Distribución del tamaño de partículas del alimento

Se utilizó el separador de partículas (Penn State), para tener conocimiento de la distribución por tamaño de las partículas de la RTM, de la ración y del fardo de moha.

3.7.2. Eficiencia de conversión

La eficiencia de conversión se calculó como el cociente entre el consumo diario de materia seca y la ganancia media diaria. Se consideró el consumo de materia seca promedio de la semana de medición y la ganancia media diaria fue estimada a partir de la regresión de los pesos en los días de comienzo y fin de cada período: tomando para la semana 4, los pesos entre 0 y 30 días, para la 7 entre 30 y 60 días y para la 11, entre 60 y 90 días.

3.7.3. Coeficiente de digestibilidad

Para estimar el coeficiente de digestibilidad se utilizaron las siguientes ecuaciones:

- $DMS = [1 - (CMAI/CMH)] * 100$

DMS= digestibilidad de la materia seca; CMAli= cenizas marcador del alimento; CMH= cenizas marcador de heces.

- $DMO = [100 \cdot (y-x) + xD] / y$

DMS= digestibilidad de la materia orgánica; y= % materia orgánica en alimento; x= % materia orgánica en heces; D= DMS.

3.7.4. Patrón de consumo y tasa de consumo

La tasa de consumo fue calculada como el cociente entre el consumo de materia seca (g) y el tiempo de permanencia en el comedero (minutos). Fue realizado para el periodo diurno, dividido en tres turnos marcados por el tiempo entre comidas y el anochecer. Para la estimación del tiempo de consumo se asumió que entre dos observaciones consecutivas de consumo el animal permanecía realizando dicha actividad.

Al establecer el patrón de consumo por turnos, se pesó la cantidad de alimento presente en el comedero previo al suministro de cada comida y una vez finalizada la jornada diurna 18 hs (retornando el mismo al comedero luego de pesado), y finalmente se pesó el alimento residual (previo a la primer comida del día) el cual luego de pesado era descartado. El consumo en cada turno correspondió a la diferencia entre dos pesadas consecutivas. Fue expresado en kg de materia seca y como porcentaje de la materia seca total consumida.

3.8. ANÁLISIS QUÍMICOS

Sobre muestras compuestas por semana de los ingredientes de la RTM se determinó el contenido de MS, Cenizas, cenizas insolubles en ácido (CI), PC, FDN, FDA y EE.

En las heces, sobre muestras compuestas por animal y semana, se determinó la concentración de MS, C y CI. Los análisis se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal perteneciente al departamento de Producción Animal y Pasturas en la Facultad de Agronomía, Montevideo.

El contenido de materia seca (MS) se determinó por secado a 105 °C (Latimer, 2012).

La proteína cruda se calculó desde la cuantificación del nitrógeno total del alimento determinado por la técnica de Kjeldahl. El nitrógeno total se multiplica por el factor 6,25, porque se asume que todo el nitrógeno del alimento está en forma de proteína, y que estas contienen 16% de nitrógeno (Trujillo y Marichal, 2014).

El contenido de cenizas se obtuvo a través de una incineración de la muestra a 600°C, durante varias horas (Latimer, 2012).

La aFDNmo (fibra detergente neutro con amilasa corregido por ceniza) y la FDAmo (fibra detergente ácido corregido por cenizas) se determinaron de forma secuencial en equipos Fiber Analyzer 200, mediante la tecnología Ankom Technology Corporation (Fairport, N.Y) y según Van Soest et al. (1991).

La cuantificación del extracto etéreo se realizó por extracción con éter mediante la técnica Soxhlet (Latimer, 2012).

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado según un diseño completamente aleatorizado con medidas repetidas en el tiempo, donde la ternera fue la unidad experimental.

Se utilizaron distintos procedimientos del paquete estadístico SAS para analizar las distintas variables. Dependiendo de la variable estudiada, se considero como fuentes de variación incluidas en el modelo: el tratamiento, la semana, la interacción semana*tratamiento y los días dentro de cada semana.

Para las variables de respuesta: ganancia diaria y eficiencia de conversión, digestibilidad, consumo, rechazo y tamaño de partículas del alimento, se realizó el análisis utilizando el procedimiento MIXED en base al modelo general,

$$Y_{ijklm} = \mu + \zeta_i + \varepsilon_{jk} + S_j + (\zeta S)_{ij} + \sigma_{ijklm}$$

Dónde,

Y_{ijklm} es la variable de respuesta (consumo, digestibilidad, etc.)

μ es la media general

ζ_i es el efecto del i-ésimo nivel de oferta de la alimento (i= 3,2; 2,9; 2,5 y 2,2 kg de MS/ 100 kg)

S es el efecto de la j-ésima semana (J= 4,7, 11).

ε_{jk} es el error experimental

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

Para el análisis de los datos de comportamiento ingestivo (actividad de consumo, rumia y descanso), se usó el siguiente modelo lineal general usando el macro GLIMMIX del paquete estadístico SAS:

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

Dónde,

P es la probabilidad de consumo, rumia o descanso.

b₀ 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

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

Cuando el efecto de tratamiento fue significativo, se analizó la significancia del efecto lineal y cuadrático asociado al nivel de oferta de alimento. Se tomó que era estadísticamente significativo cuando la probabilidad de error Tipo I era menor al 5%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONDICIONES AMBIENTALES

Los animales y su performance son afectados por diversos factores del ambiente a los que están expuestos: temperatura, viento, precipitaciones y radiación (Young, 1981).

Durante el periodo experimental, no se registraron precipitaciones en cuarta semana (10/7/18 - 15/7/18) ni en la séptima (2/8/18 - 7/8/18), sí en el período previo a ambas. En la decimoprimer semana (29/8/18 - 3/9/18) se registraron 63,2 mm, y el período previo 57 mm (en 21 días, Figura 3).

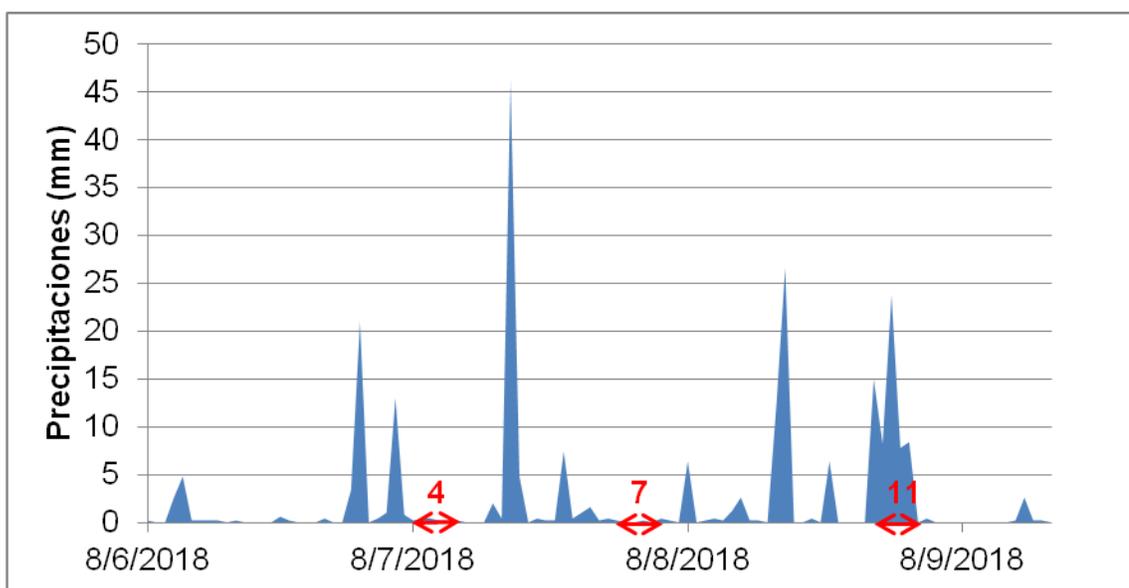


Figura 3. Precipitaciones (mm) en el periodo estudiado (creada a partir de datos proporcionados por estación meteorológica de la EEMAC)

Las precipitaciones asociadas al nivel de barro en el corral, es un factor a considerar cuando se trabaja con animales a corral ya que puede tener efecto sobre el nivel de consumo y los requerimientos para mantenimiento del animal.

Mader (2011) estableció que los animales con barro en el corral tienden a comer con menos frecuencia. Además, el pelaje embarrado reduce el aislamiento y por lo tanto aumenta el gasto de energía por termorregulación. Así mismo, Halfman (2016) explicó que el barro ejerce una succión en las pezuñas y dificulta la movilidad de los animales aumentando el gasto de energía para moverse (requerimientos de energía pueden aumentarse en un 10%).

En condiciones de barro de 10 a 20 cm se reporta una reducción en el consumo de materia seca de un 15% de lo que sería en condiciones sin barro. Si hay 30 cm de barro el consumo de materia seca disminuye en un 30%. La cantidad de barro que hay en un corral también influye en la ganancia siendo esta 15% menor con barro de 10 a 20 cm (Halfman, 2016).

Halfman (2016) destacó la importancia de la interacción entre el barro y condiciones de baja temperatura. Los animales mojados necesitan más energía para mantener su temperatura.

Si bien la temperatura mostró una tendencia a incrementar a medida que trascurrían las semanas, el promedio para la primera fue de 6,4 y 17,4 °C mínima y máxima respectivamente; 4,9 y 16,0 °C para la segunda semana y 9,5 y 16,1 °C para la última (Figura 4).

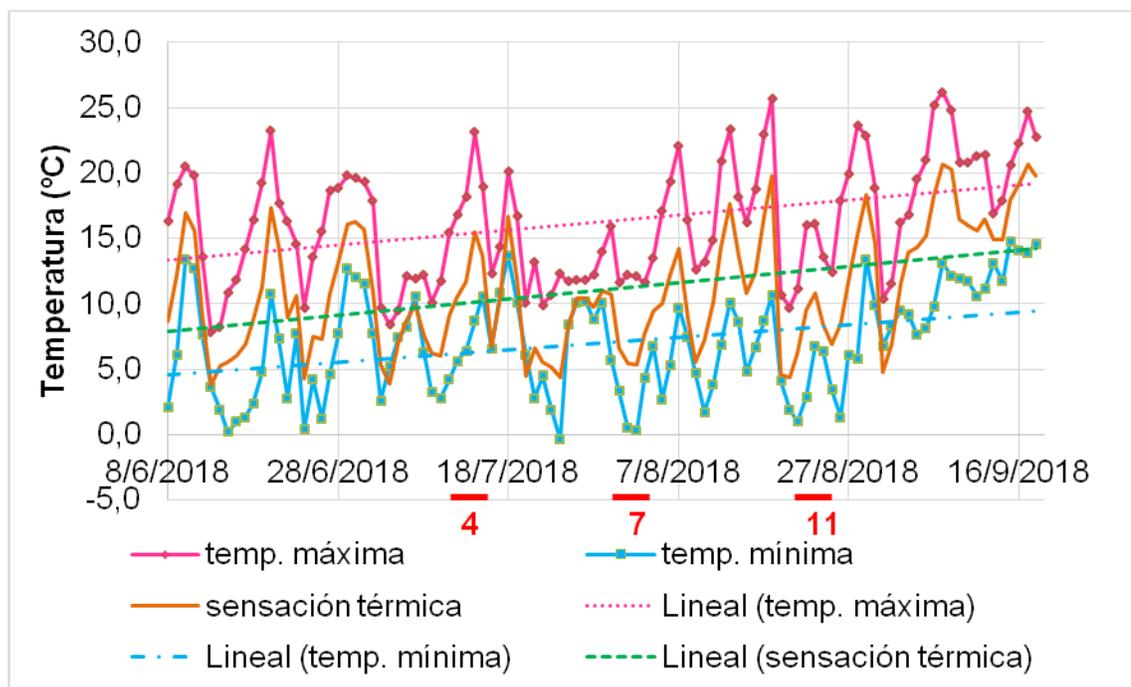


Figura 4. Temperatura máxima, mínima y sensación térmica para el período experimental (elaborado a partir de datos de la estación meteorológica de la EEMAC)

Cuando se expone a los animales a bajas temperaturas, una parte de la energía de la dieta se desvía de las funciones productivas para aumentar la generación de calor corporal. Los animales tienen mecanismos de adaptación a las bajas temperaturas siendo: aumento en la aislación del pelaje, aumento del

consumo y metabolismo basal, como también alteraciones en la digestión. Los factores que afectan el consumo o la producción de calor van a influir en la productividad y eficiencia de uso del alimento (Young, 1983). En un trabajo en California del Sur y estados del medio Oeste de Estados Unidos realizado por Elam (1971), se obtuvo peor eficiencia de conversión en invierno (14 a 20 % menos)

Young (1981) también estableció que las bajas temperaturas generan cambios en los animales que están expuestos a ellas. Se aumenta la tasa metabólica durante el descanso, los requerimientos de mantenimiento aumentan (desde un 30 hasta un 70%), se estimula el consumo de materia seca (hasta de 4% cuando el consumo no es restringido) y disminuye la digestibilidad de la materia seca por aumentar la tasa de pasaje por el rumen y la motilidad del retículo-rumen. Todo esto conlleva a una reducción en la eficiencia de utilización de la energía del alimento ingerido.

La velocidad del viento fue similar en promedio para las dos primeras semanas estudiadas. Siendo mayor en la última semana. En todas las semanas hubo grandes variaciones entre días (Figura 5).

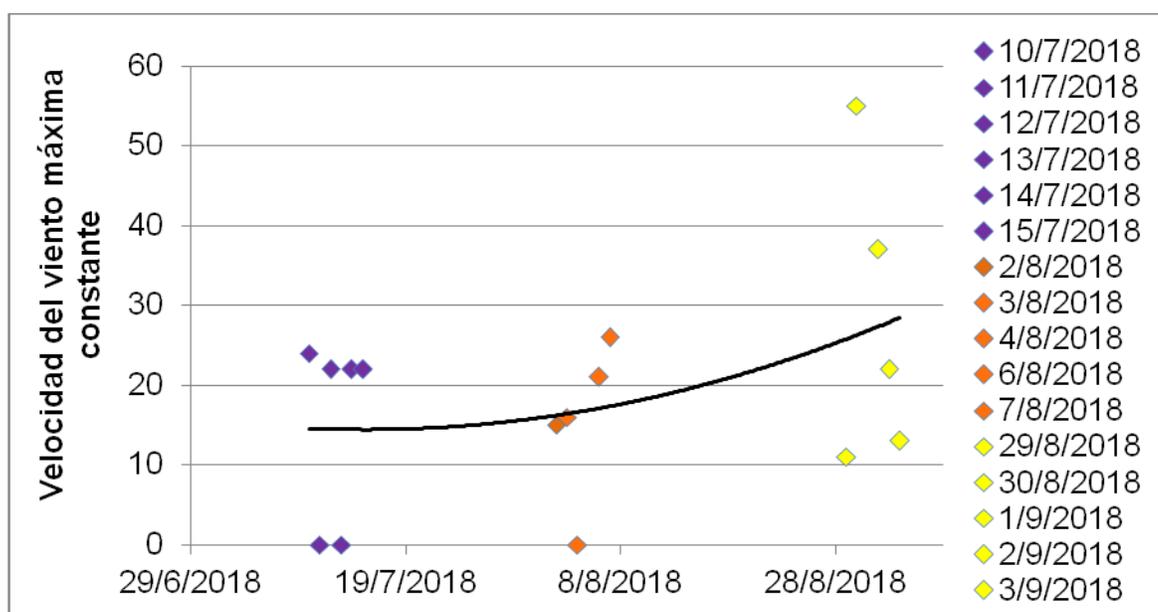


Figura 5. Velocidad del viento para las semanas estudiadas por día (elaborado a partir de datos de la estación meteorológica de la EEMAC)

La velocidad del viento influye en cómo afecta la baja temperatura a los animales (Hahn, 1985). Young (1981) también sostuvo que el viento y la humedad

afectan a los animales mediante la disminución de la aislación del pelaje y el aumento de la superficie de intercambio calórico.

Por lo que el efecto del viento en las variables como eficiencia de conversión, ganancia de peso y consumo, es mediante la acentuación o no del efecto de la temperatura.

Se podría afirmar que las semanas estudiadas fueron diferentes entre sí. La última semana fue la más distinta ya que fue la única que presentó precipitaciones, mayor velocidad del viento y temperatura mínima más diferenciada del resto. Las primeras dos semanas, si bien fueron más similares, tuvieron distinta temperatura mínima y máxima. Si bien el promedio de temperaturas mínimas se mantuvo dentro del rango termo neutral, existieron momentos en los que la temperatura mínima fue menor a 5 °C. Esto podría haber acarreado consecuencias negativas en la eficiencia de conversión.

4.2. CONSUMO

El consumo de materia seca expresado en kg/a/día por el tratamiento (T, $P < .0001$), la semana (S, $P < .0001$) y la interacción tratamiento \times semana (T \times S, $P < .0001$, Cuadro 4). El efecto semana fue lo que se esperaba, ya que al transcurrir el experimento, se ajustó la cantidad de comida ofrecida de acuerdo al peso vivo de los animales (el cual aumentó en el correr del experimento).

Asimismo, entre los distintos tratamientos se vio un aumento lineal en el consumo desde el más restringido al *ad libitum* dado ($P < .0001$, Figura 6). Las diferencias se acentuaron (positivamente) a medida que fue avanzando el periodo experimental, asociado a las diferencias en ganancia de peso entre tratamientos (como se presenta más adelante) que determinaron que los pesos vivos promedio sobre los cuales se calculaba la oferta de alimento, se distanciaran a medida que avanzó el tiempo de permanencia en el corral.

El consumo de materia seca expresado en kg/ 100 kg de peso vivo (%PV) fue afectado únicamente por el tratamiento (T, $P < .0001$) observándose una respuesta de tipo cuadrática ($p = 0,0049$, Cuadro 4, Figura 6), observándose incrementos decrecientes conforme aumentó la oferta de alimento. El valor de la oferta de alimento que maximizó el consumo de materia seca en %PV, fue de 3,2% del peso vivo.

Cuadro 4. Efecto de la oferta de alimento sobre el consumo promedio de materia seca (CMS)

	Oferta de MS alimento (%PV)				EE.	P-valor		
	2.2	2.5	2.9	3.2		T	S	T x S
CMS (kg/d)	4,1	4,9	5,8	6,7	0,2	<.0001	<.0001	<.0001
CMS (% PV)	2,1	2,4	2,8	2,9	0	<.0001	0.2861	0.8087

*Referencias de abreviaturas: CMS (consumo de materia seca), PV (peso vivo), EE (error estándar), T (tratamiento), S (semana), T x S (interacción tratamiento por semana)

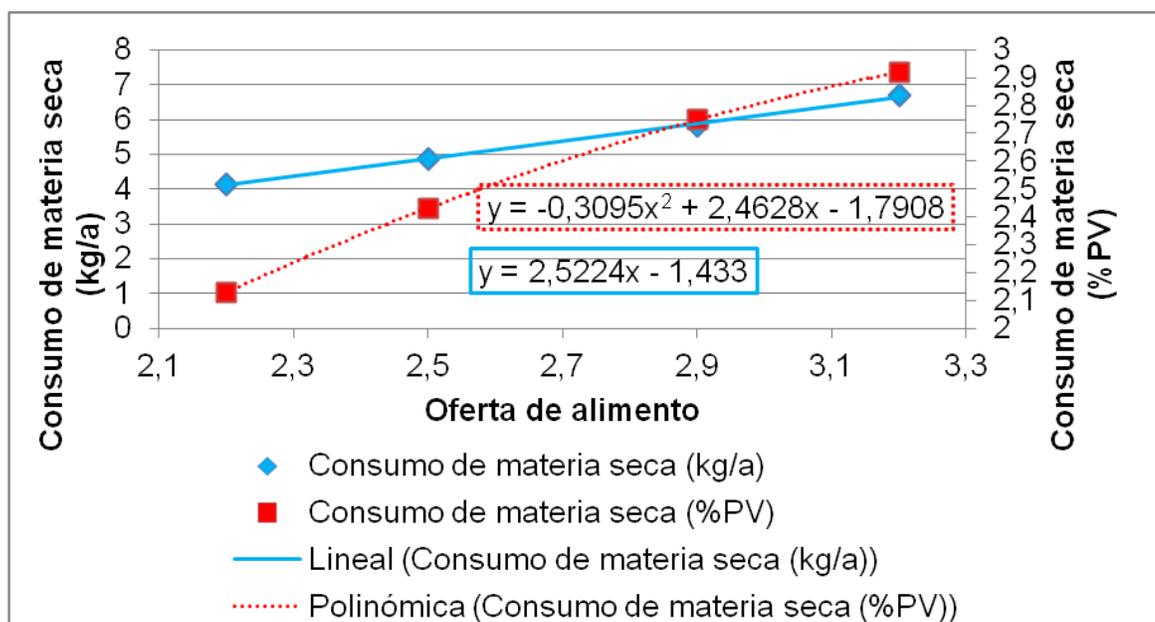


Figura 6. Efecto del nivel de oferta de alimento (kg/ 100 kg de peso vivo) sobre el consumo promedio diario (% del peso vivo y kg/a)

Los rechazos (expresados como % de la MS ofrecida) presentaron una respuesta cuadrática, con un mínimo algebraico en 2,49% de alimento ofrecido. Los menores niveles de rechazo obtenidos prácticamente fueron 0 y 0,19 % para los tratamientos 2,2 y 2,5, respectivamente.

Los rechazos fueron acordes a lo esperado, solo el tratamiento 3,2 presentó rechazo del orden de 5% del alimento ofrecido. Por lo tanto, se confirma

que los tratamientos estuvieron bien aplicados, al haberse encontrado rechazo solamente en donde se determinó una alimentación *ad libitum*. Esto coincide con Mieres (2004), quien indicó que este tipo de tratamiento es de libre acceso al alimento y por lo tanto debe existir una parte del alimento rechazado.

4.2.1. Tasa y patrón de consumo

Para la tasa de consumo total diurna, se observó un efecto significativo del tratamiento (T, P=0.0290) y la semana (S, P=0.0024, Cuadro 5). Presentó un efecto cuadrático, con un mínimo de 32.0 g/min a 3.04 % del peso vivo ofrecido como alimento (Figura 7, cálculos en Anexo 6).

Cuadro 5. Efecto del nivel de oferta de alimento sobre el tiempo de consumo (min), el patrón de consumo (kg) y la tasa de consumo (g/min) total diurno y por turno

					Significancia del efecto (valor de P)			Cn.
	2,2	2,5	2,9	3,2	T	S	TxS	
CMS (kg)								
Total diurno	4,1	4,9	5,8	6,7	<.0001	<.0001	<.0001	L
1 08:00-12:00	1,4	1,6	1,9	2	0,0005	<.0001	<.0001	L
2 12:00-16:00	1,4	1,6	2	2,3	<.0001	<.0001	<.0001	L
3 16:00-18:00	1,4	1,6	2	1,9	0,0023	<.0001	0,0382	L
4 18:00-08:00	0	0	0,1	0,4	<.0001	0,0002	0,0004	C
Tiempo de consumo (min)								
Total diurno	117	150	169,4	184	<.0001	<.0001	0,0864	C
1 08:00-12:00	40,4	51	57,7	63,1	<.0001	0,8661	0,2077	L
2 12:00-16:00	36,5	46,4	53,5	60,1	<.0001	<.0001	0,0037	L
3 16:00-18:00	40	52,8	58,2	61	<.0001	<.0001	0,0237	C
Tasa de consumo (g/min)								
Total diurno	39,7	34,5	32,7	32,0	0,029	0,0024	0,0966	C
1 08:00-12:00	39,1	34,8	33,4	32,9	0,5013	0,5933	0,2722	-
2 12:00-16:00	40,9	38,5	36,7	36,8	0,7443	0,0003	0,1203	-
3 16:00-18:00	44,3	34,2	30,0	24,2	0,0007	<.0001	0,025	L

Referencias de abreviaciones: CMS= consumo de materia seca; T= efecto tratamiento; S= efecto semana; TxS= efecto tratamiento x semana; C= respuesta cuadrática; Cn. = contraste para el efecto T; L= respuesta lineal; Pr > F= este es el valor p asociado con el estadístico F de un efecto dado y el estadístico de prueba. Las diferencias significativas se establecieron dentro de cada turno.

Medias ajustadas por tratamiento.

En los primeros dos turnos (8-12 y 12-16) no existieron diferencias significativas entre tratamientos. El único turno que fue significativamente distinto entre tratamientos fue el último del día (16:00-18:00, Figura 7), presentando una respuesta lineal negativa ($p < .0001$, Cuadro 5). Una caída en la tasa de consumo entre las 16:00 y la 18:00 h conforme aumentó la oferta de alimento (con una pendiente de la línea de tendencia = -18.776 g/min) sería la que explicaría en parte la respuesta observada en el promedio diurno.

Varios autores afirman que existen mayores tasas de consumo en animales con consumo restrictivo (Gibb et al. 1998, Prawl et al. 1998, Fanning et al. 1999, Schwartzkopf Genswein et al. 2002a). Los trabajos de estos autores no son exactamente iguales al experimento realizado ya que todos suministraron una ración más concentrada (desde 80 a 92% de concentrado). Además Gibb et al. (1998), Schwartzkopf Genswein et al. (2002b) restringieron la alimentación en el tiempo (*ad libitum* al principio y después al 95% del promedio de *ad libitum*); mientras que Prawl et al. (1998), Fanning et al. (1999) restringieron la alimentación en tiempo de acceso al alimento (*ad libitum* siempre con acceso disponible y restringido con 9 o 14 hs de acceso). Por lo que los resultados obtenidos en esta investigación coinciden parcialmente con lo expuesto en los trabajos revisados, ya que ambos trabajos restringieron en tiempo (en el total del experimento o en una etapa), y en el presente trabajo se restringió en cantidad de alimento.

La tasa de consumo también se ve afectada por la relación voluminoso/concentrado de la dieta. En dietas con alta relación voluminoso/concentrado, cuanto mayor es la oferta de alimento, mayor es el contenido de voluminoso total en el rumen, lo que hace que el tiempo de masticación y la manipulación de bocados aumenten y por lo tanto implica que la tasa de consumo disminuya (Galli et al., 1996).

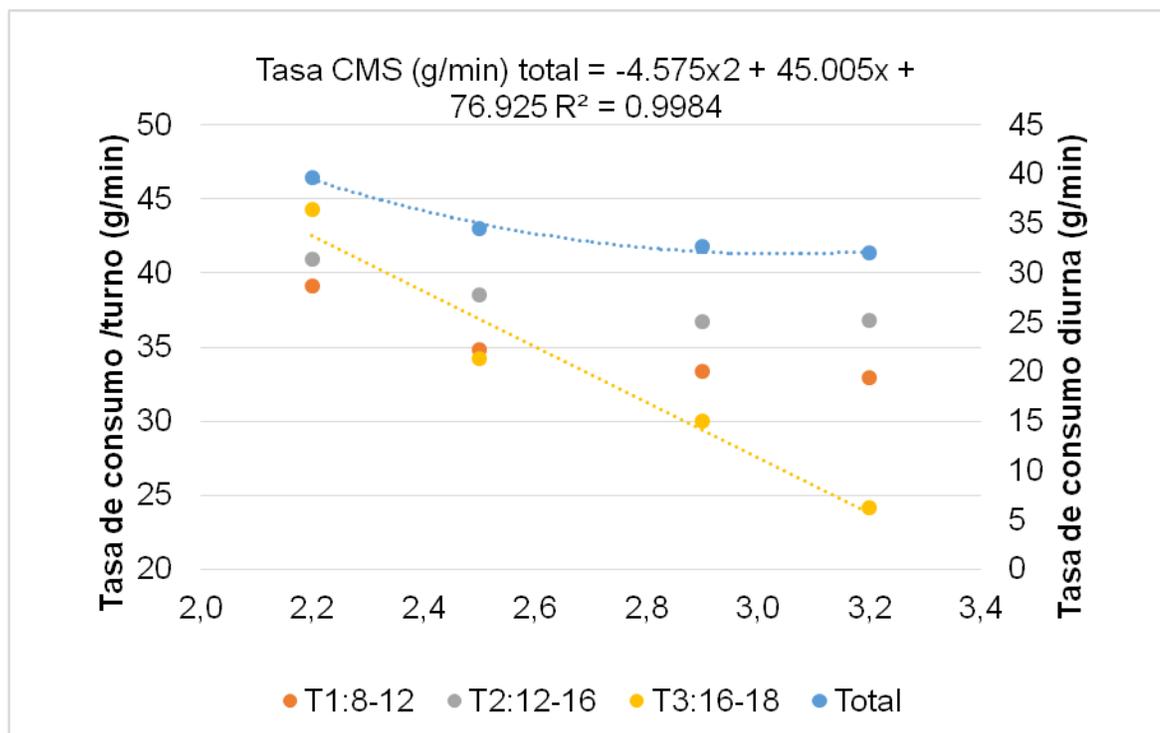


Figura 7. Efecto de la oferta de alimento sobre la tasa de consumo total diurna y por turno

La tasa de consumo en el turno 3 fue la única que presentó diferencias significativas entre tratamientos, mostrando una respuesta lineal con pendiente $b = -18.8$, variando entre 24 - 44 g/min en promedio (Cuadro 5 y Figura 8). La tasa de los otros turnos se mantuvo en el rango, oscilando entre 33 - 41 g/min. Golden et al. (2008), trabajando con novillos *ad libitum*, obtuvieron una tasa de consumo de 14 g/min con una frecuencia de 16 visitas por día al comedero. Schwartzkopf Genswein et al. (2003), obtuvieron una tasa de consumo de 77 g/min, con una frecuencia de 9 visitas al comedero/día (siendo esta tasa el promedio de los tratamientos *ad libitum* y 95% de *ad libitum*). Según González Vizcarra et al. (2017), la tasa de consumo varía según cómo se mide el tiempo en el comedero, encontrándose tasas desde 75 hasta 400 g/min.

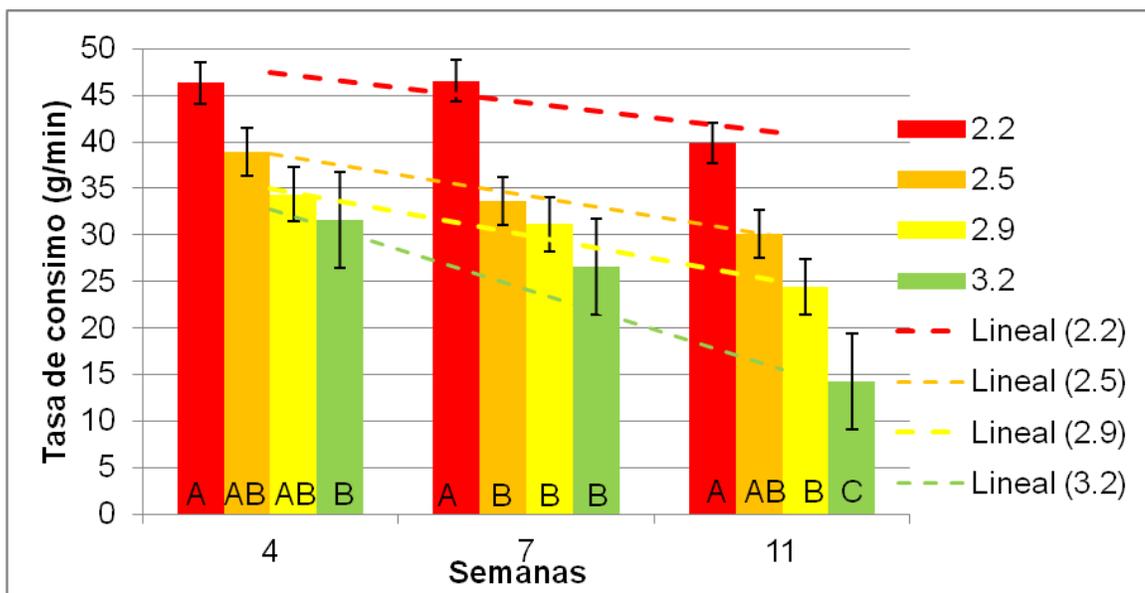


Figura 8. Tasa de consumo (g/min) por tratamiento y por semana para el turno 3 (1600 hs a 1800 hs)

Existió una leve tendencia en la interacción tratamiento x semana para el promedio diurno (TXS, $P=0.09$). Esto pudo deberse a la interacción tratamiento x semana que ocurrió en el último turno (TxS, $P= 0.025$), ya que fue el único que mostró una interacción significativa (Figura 9).

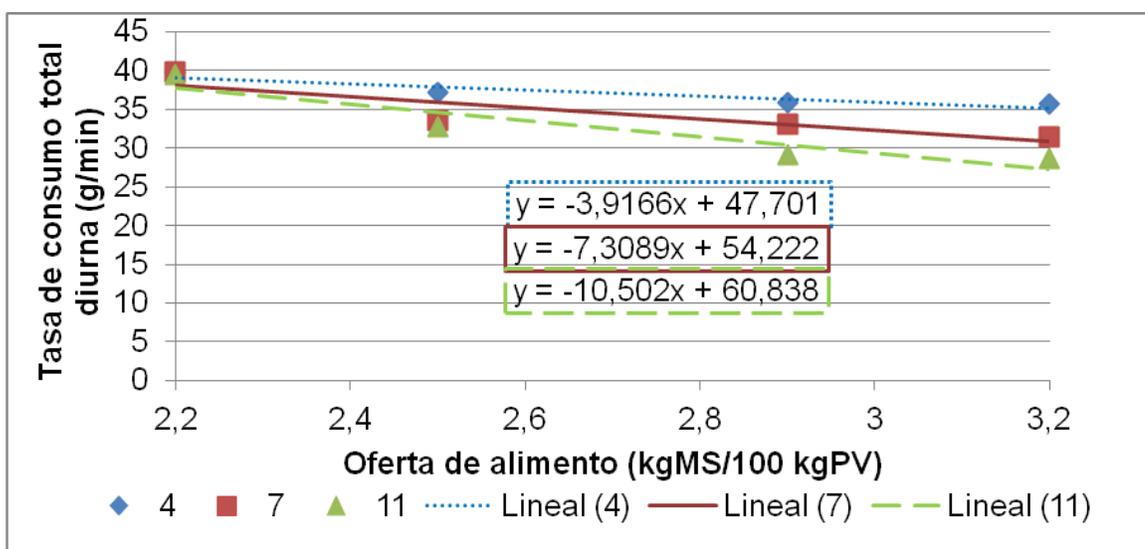


Figura 9. Efecto de la interacción de la oferta de alimento x semana, sobre la tasa de consumo total diurna (g/min)

La tasa de consumo presentó una respuesta inversamente proporcional al tiempo de consumo (Figura 10). Esto coincide con lo establecido con Galli et al. (1996) que establecen que al maximizar el tiempo de consumo, la tasa de consumo es mínima.

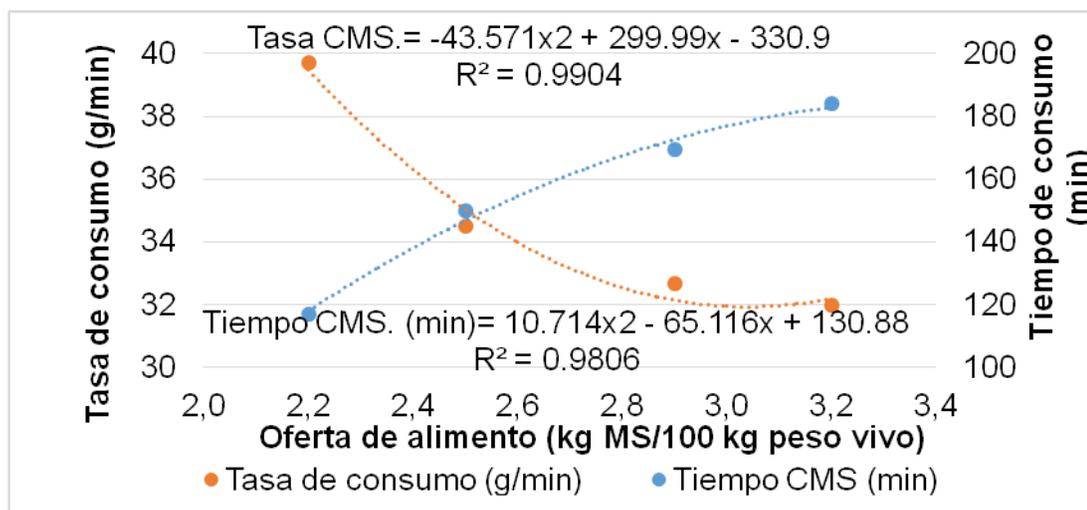


Figura 10. Efecto de la oferta de alimento sobre la tasa y el tiempo de consumo

El tiempo de consumo (minutos) total y por turno fue afectado significativamente por el tratamiento (Figura 11), la semana (a excepción del T1) y la interacción tratamiento x semana (Cuadro 5).

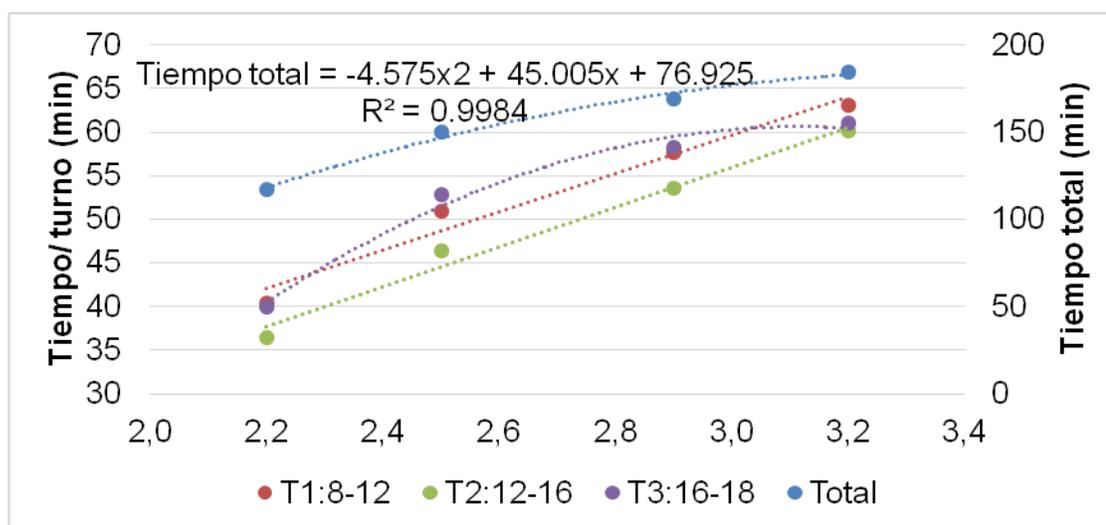


Figura 11. Efecto de la oferta de alimento sobre el tiempo de consumo de materia seca (min) por turno y el tiempo total diario

El patrón diario de consumo (expresado como la proporción del consumo total diario observada en cada turno entre comidas) fue significativamente afectado por el tratamiento (con excepción del turno 2: 12 a 16 h), por la semana y por la interacción T×S (Cuadro 5). Mientras para el primer turno (8 a 12 h) se registró una respuesta lineal negativa ($P= 0.0003$; $b= 34,499$), para los últimos dos turnos se observó una respuesta cuadrática (Figura 12).

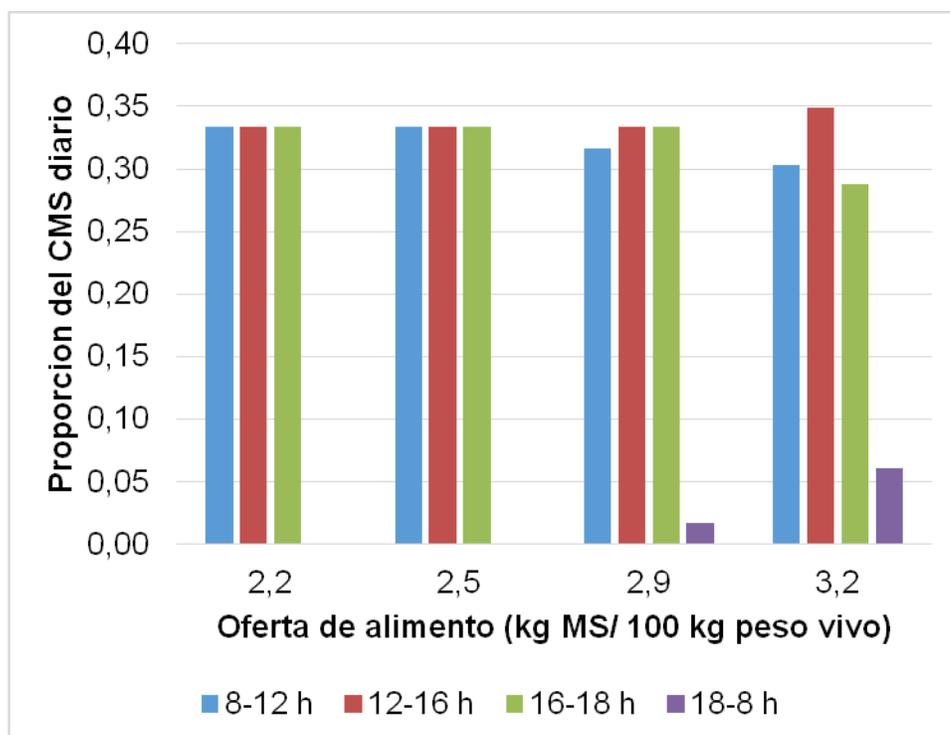


Figura 12. Efecto de la oferta de alimento sobre el patrón de consumo por turnos

Para los tratamientos restringidos no existieron diferencias en la proporción de lo consumido en cada turno, porque en general no se encontraban rechazos al final de cada turno. Es en el tratamiento *ad libitum* donde se vio una contradicción con Gonyou et al. (1984), quienes trabajando con novillos puros de distintas razas (366-505 kg) en corrales alimentados *ad libitum* (dieta de relación voluminoso/concentrado de 65/35), observaron que los momentos de mayor consumo fueron alrededor del atardecer y amanecer. Mientras que en el presente trabajo, fue al atardecer (turno 3) donde se dieron las menores proporciones del consumo, no estando limitado por la oferta, ya que al día siguiente se encontró rechazo en el comedero.

Salvo alguna excepción puntual, el consumo nocturno fue observado solamente en el tratamiento 3,2 y fueron de muy bajo valor (170, 490 y 520

gramos/diarios, para las semanas 4, 7 y 11 respectivamente). Esto concuerda con Hicks et al. (1989) que trabajando con animales *ad libitum* encontraron un pequeño pico de consumo a las 2100 hs (Figura 13).

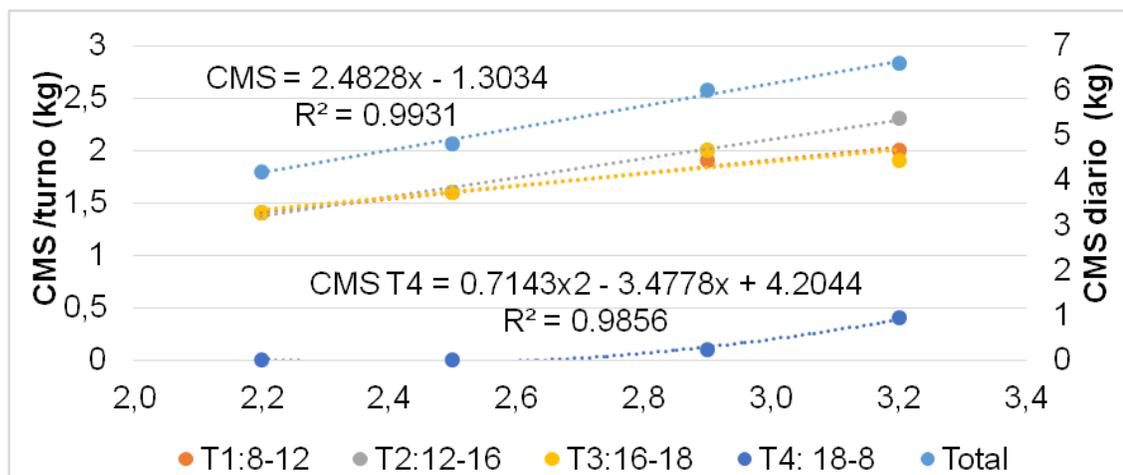


Figura 13. Efecto de la oferta de alimento sobre el consumo de materia seca (kg) por turno y el consumo total diario

4.3. DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA

En el Cuadro 6 se presentan las medias ajustadas de digestibilidad de la materia seca (DMS) en cada tratamiento y semana de medición. La DMS aumentó conforme avanzó el período de medición. Si bien no hubo diferencias significativas entre tratamientos, se observó una tendencia de respuesta cuadrática ($P=0.0813$), mostrando una reducción en la DMS conforme incrementó la oferta hasta 2.5% para luego aumentar hasta el tratamiento *ad libitum*. Asimismo, la digestibilidad de la materia seca fue afectada por la semana de estudio ($S, P < .0001$) independientemente del tratamiento ($T, P=0.0846$) mejorando a medida que avanzó el período experimental.

Cuadro 6. Digestibilidad MS (%) por tratamiento según semana

Semana	T 2.2	T 2.5	T 2.9	T 3.2	Promedio semana
4	80.92	76.63	80.51	78.98	79.3 c
7	85.39	81.45	80.97	83.34	82.8 b
11	88.04	84.01	87.77	86.20	86.5 a
Promedio tratamiento	84.7	80.7	83.1	82.8	

La tendencia observada debida al nivel de oferta de alimento entre los tratamientos 2,2 y 2,5, es parecida a lo establecido por diversos autores. NRC (2001) señala que por cada incremento en el consumo (medido en múltiplos de la energía para mantenimiento requerida) la digestibilidad de la materia orgánica disminuye un 4%. Por su parte, Zinn (1995) registró un aumento en la digestibilidad con pequeñas restricciones en el consumo; en tanto Galyean et al. (1979), con animales manejados al 1,8; 1,5; 1,2; 0,9 % del peso vivo, observaron una disminución de 9,5% en la digestibilidad de la materia orgánica cuando el consumo era aumentado de 0,9 a 1,8% del PV. Hay que tener en cuenta que no se encontraron autores que estudiaran la variación de la digestibilidad en los mismos niveles de restricción que los utilizados en el presente trabajo.

Como fue explicado anteriormente, el consumo de materia seca varió entre semanas (aumentando a medida que transcurrió el experimento). La digestibilidad también varió entre semanas, siendo, la primera la de menor valor (79,26%), y mejorando a medida que avanzó el periodo experimental (siendo para la semana 7 82,79% y para la 11 86,51%). El efecto semana podría haberse dado por una eventual variación en la calidad del fardo, sin embargo la evolución entre semanas de la calidad del fardo no se midió por lo que no se puede afirmar que esto sucedió.

La mejora en la DMS al pasar de 2.5 para 2.9 y 3.2, podría estar asociada a una efecto de selectividad en el comedero, aun cuando visualmente, no se observaron diferencias en la proporción de heno y concentrado entre el rechazo y la ración ofrecida. La ración tenía una relación concentrado/voluminoso de 70/30, ese 30% de heno tuvo una dispersión de partículas importante (Cuadro 7) que podría haber llevado a que el animal realizara un selección en contra del heno o partes de este. Plegge et al. (1986) evaluando novillos con distinto nivel de oferta de alimento (*ad libitum*, 96% y 92% de lo ofrecido *ad libitum*) determinaron que en los tratamientos en que no se registró rechazo (tratamientos restringidos: 92 y 96% del *ad libitum*) tuvieron una selectividad en comedero menor y por lo tanto la variabilidad de consumo de materia seca diario disminuyó. Asimismo Anderson et al. (2012), también observaron que los animales con alimentación restringida (96% y 92% de consumo *ad libitum*), tienen menos selección en el comedero.

Cuadro 7. Distribución de partículas de fardo de moha por tamaño (PSPS) en % retención MS

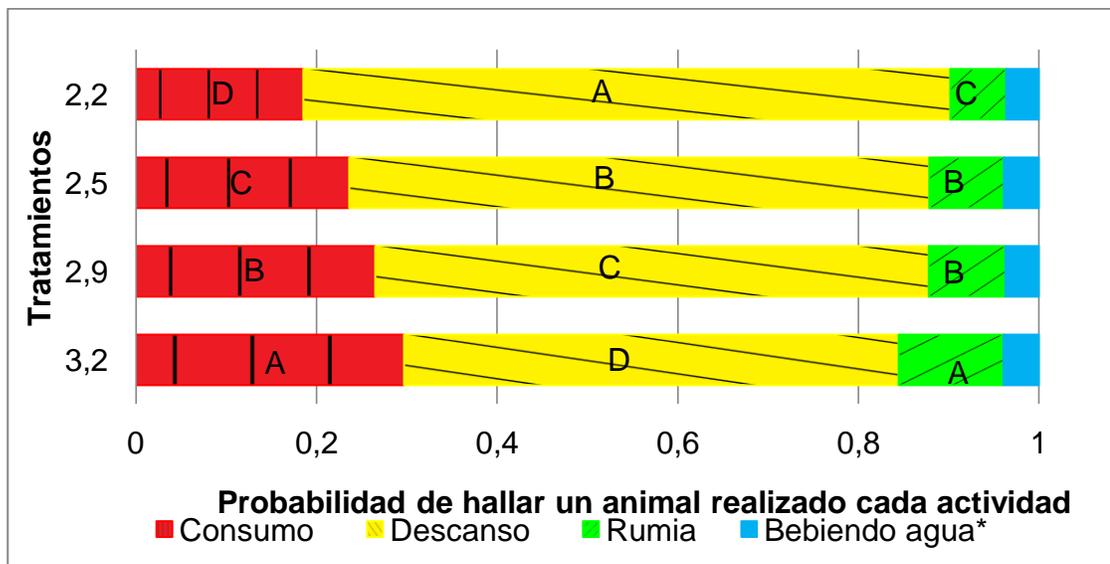
Semana	(% en materia seca del total de la muestra)				
	C1	C2	C3	Bandeja	Fef
4	87,7	5,0	5,1	2,1	97,9
7	85,5	4,4	6,4	3,7	96,3
11	85,1	3,8	7,2	3,8	96,2

Tamaños de orificios en cada criba: C1=19mm, C2=8 mm, C3=1,18 mm
Fef (fibra efectiva) = (C1+C2+C3)

4.4. COMPORTAMIENTO

Existieron diferencias significativas en cuanto a la probabilidad de hallar a un animal realizando cada una de las distintas actividades según el tratamiento.

La probabilidad de las actividades de consumo y rumia aumentaron (T, P <.05) a medida que aumentó el alimento ofrecido, por otro lado, el descanso que fue la actividad que tuvo mayor probabilidad de ocurrir en todos los tratamientos, varió en forma inversa al consumo, disminuyendo (T, P <.05) desde el tratamiento 2,2 al 3,2 (Figura 14).



*Como la actividad de bebiendo agua fue realizada muy pocas veces en relación a las otras actividades, no se le pudo realizar análisis estadístico.

Las letras representan la existencia de diferencias significativas (P ≤ 0,05 dentro de la misma actividad para los distintos tratamientos).

Figura 14. Probabilidad de hallar a los animales realizando las diversas actividades (promedio de todas las semanas)

Estos resultados son consistente con los resultados reportados por Schwartzkopf Genswein et al. (2002a), quienes encontraron que los animales restringidos tenían visitas más cortas y menos frecuentes al comedero lo que llevó a que la actividad de consumo fuera menor respecto al *ad libitum*.

Menor probabilidad de encontrar animales consumiendo en los más restringidos era lo esperado ya que cuanto mayor fue la oferta de alimento, mayor fue el consumo registrado. Esto coincide con Pordomingo et al. (2010), quienes trabajaron con 96 novillos Angus (250.3 +- 36.8 kg) con una dieta en base a maíz entero y harina de girasol, con una relación concentrado/voluminoso de 85/15. Los tratamientos consistieron en distinta asignación de alimento (1.6; 1.8; 2.0; 2.2; 2.4; 2.6; 2.8 y 3.0 %PV). Donde estos autores encontraron que el consumo aumentaba a medida que aumentaba la oferta de alimento.

Se tomó como supuesto que cuanto mayor sea la probabilidad de encontrar a un animal realizando determinada actividad, mayor tiempo dedica ese animal a realizar esa actividad en el día. Por lo tanto, para poder comparar los resultados obtenidos con investigaciones que estudiaron la proporción del día que ocupa cada actividad, se tomó la probabilidad 1 como el 100% del tiempo y de ahí se calculó el porcentaje del día que teóricamente ocuparía cada actividad.

Se hipotetizó, que animales que consumían más, tendrían mayor tiempo dedicado a la rumia. Para comprobar si esto ocurrió realmente, se calcularon los minutos de rumia por kg de materia seca consumido (para ver si este indicador variaba con la oferta) y se halló que los mismos no se veían afectados por la oferta de alimento (2,2%PV= 21,515 min/kgMS; 2,5%PV= 24,44 min/kgMS; 2,9%PV= 21,061 min/kgMS; 3,2%PV= 24,986 min/kgMS). Por lo tanto, a igual tiempo de rumia por kg consumido, al consumir más kg/a/d, se espera que tengan más tiempo de rumia que los animales en tratamientos más restringidos (Pordomingo et al., 2010). Dado esto, al utilizar más tiempo para consumir y rumiar, es lógico que quede menos tiempo disponible para el descanso.

4.5. GANANCIA MEDIA DIARIA Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

4.5.1. Ganancia media diaria

La ganancia diaria fue afectada significativamente por el tratamiento y la semana experimental, sin efecto de la interacción T x S. En el Cuadro 8 se presentan las medias ajustadas por tratamiento. En el Anexo 3 se puede ver la variación entre semanas (Figura 17), donde las medias por semana con su significancia (letras diferentes significan diferencias significativas con P <.0001) fueron: en la semana 4 1,21 kg/d (AB); semana 7 1,25 kg/d (A) y en la semana 11 1,08 kg/d (B).

Para los terneros *ad libitum* (3.2) la ganancia de peso vivo osciló entre 1.2 y 1.5 kg/día. Esta respuesta coincide con resultados reportados por Beretta et al. (2016), trabajando con terneros Hereford en sistema ADT, con una dieta compuesta por 66,17 % de concentrado y un 21% de una cantidad variable de heno de moha picado y grano de avena entero (sustituyendo progresivamente desde el tratamiento 1 al tratamiento 4 el heno de moha picado por grano de avena entero). Las ganancias obtenidas en este trabajo para el testigo con heno de moha (tratamiento más similar al experimento realizado) fueron de 1,4 kg/d.

A medida que se incrementó la oferta, la ganancia diaria aumentó en forma lineal ($b= 0.0441$, $P<.0001$)

Para los valores de ganancia de peso para las semanas en estudio se observa que el tratamiento 2,2 tuvo ganancias similares (940 gramos por día) a las determinadas por Parra et al. (2006), Simeone et al. (2008), con ganancias de 750-800 gramos por día y 812 gramos por día respectivamente. Estas fueron inferiores a las ganancias obtenidas por los tratamientos 2,5, 2,9 y 3,2.

4.5.2. Eficiencia de conversión

Si bien se observó un aumento en el valor de la eficiencia de conversión de la materia seca cuando se restringió la oferta de alimento, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas siendo esta respuesta independiente de la semana experimental. Sí se observó un efecto significativo de la semana (Cuadro 8) siendo la semana 7 significativamente mejor a la 11, la semana 4 no presentó diferencias significativas con respecto a las otras semanas de estudio (semana 4 4,63 AB, semana 7 4,33 B, semana 11 5,08 A).

Cuadro 8. Efecto de la oferta de alimento (T) y semana de evaluación (S) sobre la eficiencia de conversión de la materia seca (ECMS), la materia seca digestible del alimento (ECMSD) y la ganancia diaria de peso vivo (GPV)

					Significancia del efecto (valor de P)			Cont.
	2,2	2,5	2,9	3,2	T	S	TxS	
ECMS	4,87 (0,16)	4,61 (0,16)	4,69 (0,15)	4,54 (0,16)	0,5118	0,0413	0,3791	-
ECMSD	4,19 (0,16)	3,74 (0,14)	3,94 (0,14)	3,79 (0,15)	0,1786	0,0078	0,4607	-
GPV (kg/d)	0,94 (0,03)	1,14 (0,03)	1,26 (0,03)	1,38 (0,03)	<,0001	0,0148	0,3024	L

Valor entre paréntesis indica el error estándar. L= respuesta lineal; Cont. = contraste

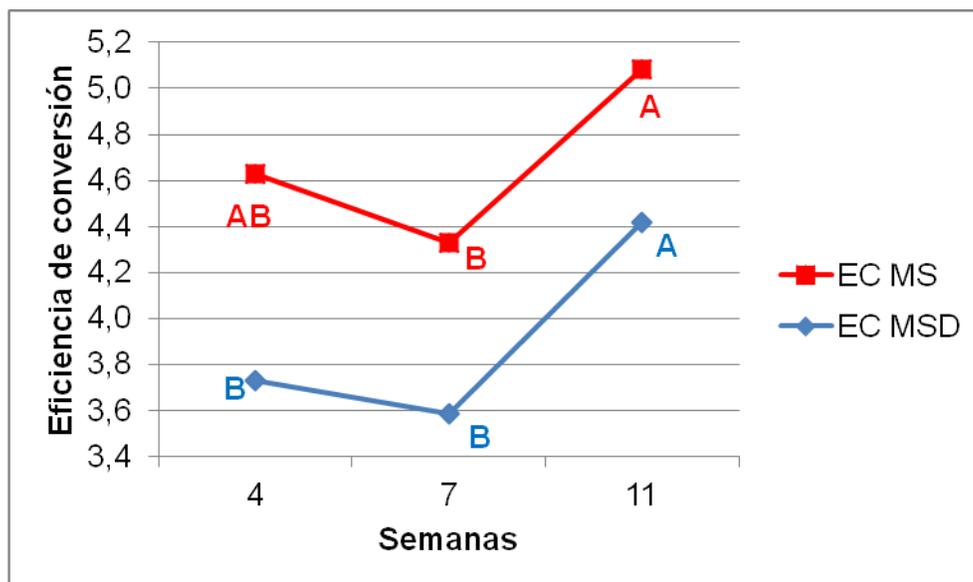


Figura 15. Eficiencia de conversión de la materia seca y de la materia seca digestible según la semana experimental

La eficiencia de conversión de la materia seca del alimento del tratamiento 3,2 fue en promedio $4,54 \pm 0,16$. Esta eficiencia de conversión se encuentra dentro de los valores esperados en los corrales de terneros, cuando estos son alimentados *ad libitum* con dietas concentradas (Monje 2002, Di Marco 2004, Beretta et al. 2016, Pérez et al. 2016, Anzolabehere y Cortazzo 2017). En estos trabajos se observa que mejoras en la eficiencia aparecen asociadas al uso de dietas más concentradas y del tipo de grano (maíz vs. sorgo).

La respuesta en eficiencia de conversión es consistente con la respuesta observada en consumo y ganancia media diaria. Si se toma al *ad libitum* como 100% y la restricción expresada como porcentaje del *ad libitum*, para oferta de alimento, ganancia media diaria y consumo. En el Cuadro 9, se puede ver que las variables de ganancia media diaria y consumo de materia seca respondieron en forma proporcional, lo cual explica la ausencia de diferencias en eficiencia de conversión (o leve empeoramiento).

Cuadro 9. Respuesta a la restricción, expresada como en proporción del *ad libitum* para la oferta de materia seca, ganancia media diaria (GMD), consumo de materia seca (CMS) y eficiencia de conversión (EC)

Tratamiento	% <i>Ad libitum</i>			
	Oferta MS	GMD	CMS	EC
2,2	69	68	64	107
2,5	78	83	73	102
2,9	91	91	91	103
3,2	100	100	100	100

Esto concordó con lo estudiado con Di Marco (2004), donde estipuló que con ganancias en torno a 1 kg por día, la eficiencia de conversión tiende a mantenerse.

En función de los antecedentes, podía esperarse una mejora en la eficiencia de conversión (EC) mediante la restricción al 90% de *ad libitum*. Plegge et al. (1986), entre otros, encontraron mejoras significativas en la EC al restringir la alimentación al 96 y 92% del *ad libitum*. Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, no existieron mejoras en la eficiencia al restringir la alimentación a un 90% de *ad libitum*.

Al restringir aún más la alimentación, hay antecedentes que establecen que la eficiencia de conversión no varía. Como Albornoz et al. (2009), Ceconi et al. (2010) que restringieron al 85 % de *ad libitum* y al 85 y 70% de *ad libitum*, respectivamente, sin encontrar diferencias significativas en la eficiencia de conversión. Esto es consistente con lo que se encontró en este experimento, al no haber mejoras o cambios en la eficiencia de conversión con la restricción alimentaria.

Con respecto a la eficiencia de conversión y su relación con las demás variables estudiadas, la hipótesis era que podría haber un óptimo nivel de restricción (para obtener la mejor EC), explicado por cambios en la digestibilidad de la materia seca (DMS) y comportamiento que podría afectar la DMS y el balance energético vía mayor gasto de mantenimiento.

Como se dijo, se aguardaban cambios en el comportamiento debido al nivel de oferta de alimento. Se hipotetizó que los animales más restringidos aumentarían su tasa de consumo, lo cual sucedió únicamente en el turno 3, siendo esta en términos absolutos media. Lo ocurrido en este turno, coincide con el experimento de Schwartzkopf Genswein et al. (2002b) donde animales

restringidos (95% de *ad libitum*) registran una mayor tasa de consumo que animales *ad libitum*, debido a alternancia de tiempos sin comer.

Se consideró además que variaciones en la tasa de consumo pudiesen afectar a la eficiencia de conversión; lo cual no ocurrió, ya que si bien existieron diferencias significativas entre tratamientos para la tasa de consumo en el turno 3, el mismo no tuvo la duración suficiente (2 horas en comparación a las 4 horas de los turnos 1 y 2) para influir significativamente sobre la eficiencia de conversión.

Se esperaba que los gastos energéticos fueran distintos entre tratamientos, asociados a una distribución diferente de las diversas actividades realizadas (descanso, consumo, beber agua, rumia) y que esta variación en el gasto de energía afectaría a la eficiencia de conversión. Como es explicado por Giner et al. (1988), las diferentes actividades tienen distinto gasto energético. La actividad de rumia gasta 0.24 Kcal/hr/kg, descansar de pie 0.34 Kcal/hr/kg y el consumo 0.77 Kcal/hr/kg, cabe destacar que la actividad de consumo no es en confinamiento, es a pastoreo. Sin embargo, si bien el tratamiento 2.2 fue el que estuvo más tiempo descansando y menos tiempo consumiendo (ambos significativos) y por lo tanto se podría afirmar que tuvo menor gasto energético; esto no se ve reflejado en la eficiencia de conversión, ya que no existieron diferencias significativas entre tratamientos.

Se esperaba encontrar mejoras en la digestibilidad en los tratamientos restringidos sin afectar la ganancia media diaria, como sucedió en el experimento Loerch (1990), donde trabajó con animales en crecimiento, alimentándolos según tratamiento *ad libitum*, 80% de *ad libitum* y 70% de *ad libitum*, con una dieta rica en energía; obtuvo ganancias medias diarias significativamente iguales y digestibilidad significativamente distinta, aumentando esta variable a medida que aumenta la restricción. Esto no fue lo que pasó, ya que no solo no se encontraron mejoras en la digestibilidad con la restricción, sino que también la ganancia media diaria disminuyó a medida que disminuyó la oferta de alimento.

Así mismo, al estudiar la eficiencia de conversión de la materia seca digestible (ECMSD), se ve que solamente fue afectada significativamente por la semana (S, $P= 0.0078$). La ECMSD del tratamiento 3,2 varió entre 3.40 – 4.52, dependiendo de la semana, no siendo significativa la diferencia entre los valores (Cuadro 8 y Figura 15).

La eficiencia de conversión MSD aumentó cuando se restringió la oferta de alimento, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas siendo esta respuesta independiente de la semana experimental.

Encontrar una variación en la eficiencia de conversión a través de las semanas estudiadas coincide con la investigación de Pordomingo et al. (2010), donde, al analizar los datos hallados existen diferencias en la eficiencia de conversión (cálculo en Anexo 4) entre distintos períodos de tiempo (0-22, 23-56 y 57-92 días) para el mismo tratamiento. En el experimento (nombrado anteriormente) se utilizaron 96 novillos Angus (250.3 +- 36.8 kg) con una dieta en base a maíz entero y harina de girasol (con una relación concentrado/voluminoso de 85/15).

La peor eficiencia de conversión de la semana 11 respecto a la 7 puede estar asociada al clima, ya que esta semana fue la que presentó mayor cantidad de precipitaciones (Figura 3) y mayor velocidad del viento (Figura 5), por lo tanto, como fue explicado anteriormente, bajo estas condiciones aumentan los requerimientos de mantenimiento.

Si bien la semana 4 no presentó diferencias significativas, el valor de eficiencia de conversión fue mayor numéricamente que para la semana 7, esta pequeña diferencia podría verse explicada por una eventual variación en la calidad del fardo, pero como se mencionó anteriormente la misma no fue medida por lo que no se puede afirmar que esto sucedió. Esto puede haber sido la causa de una menor digestibilidad y por lo tanto la energía disponible para ganancia es inferior que para las otras semanas.

4.6. DISCUSIÓN GENERAL

El clima afectó de manera significativa la eficiencia de conversión de los animales. Al observar las precipitaciones del período, se considera que fue un factor que influyó considerablemente en las variables estudiadas, ya que la última semana, en la que se obtuvo la menor ganancia media diaria y peor eficiencia de conversión, fue la que tuvo mayor cantidad de precipitaciones. El barro podría haber afectado la actividad y el rendimiento animal ya que se observaron cantidades capaces de afectar los requerimientos de los animales (establecidas anteriormente). A ello se sumó en la misma semana un efecto viento más intenso, ya que es la semana con mayores vientos registrados, que sumado a frío y lluvia podría estar explicando la caída en ganancia de peso (Anexo 3) y peor EC. Sin embargo, este efecto negativo del clima no afectó de forma diferencial a los tratamientos.

En el promedio del período estudiado, se encontró que la oferta de materia seca en (%PV) fue equivalente a 91, 78 y 69 % de *ad libitum* (del tratamiento menos restringido al más respectivamente). Estos fueron muy similares con los que se fijaron al principio del experimento. A su vez, si se expresa el consumo de

materia seca en kg/a/d la restricción respecto a *ad libitum* fue similar: 91, 73, 64 % (del tratamiento menos restringido al más respectivamente).

El tiempo dedicado al consumo aumentó significativamente a medida que se ofrecía más alimento, asimismo, la tasa de consumo total diaria fue significativamente afectada por los tratamientos y presentó un efecto cuadrático. La semana también mostró un efecto (menor tasa en la semana 7). Sin embargo, no se puede afirmar que estas variables hayan afectado de alguna forma la eficiencia de conversión

No se encontró una relación entre el mayor tiempo de descanso con una mejor eficiencia de conversión como se esperaba (por menores requerimientos de mantenimiento (Giner et al., 1988)). Ya que, aunque el tiempo de descanso aumentó con la restricción del consumo, la eficiencia no tuvo diferencias significativas entre tratamientos.

El consumo de materia seca y la ganancia de peso diaria tuvieron una respuesta lineal al modificarse la oferta de alimento. Se esperaba que al restringir el consumo, la ganancia de peso disminuyera pero no en igual medida (por mayor digestibilidad) y por lo tanto mejorara la eficiencia de conversión. No obstante, esto no fue lo que sucedió, posiblemente porque tampoco existió un efecto tratamiento sobre la digestibilidad.

En el correr del experimento, el consumo aumentó de forma lineal, mientras que la ganancia de peso bajo en la semana 11. Asimismo, la eficiencia de conversión en la semana 7 fue mejor que en la 11. Esto puede deberse al efecto clima (como fue explicado anteriormente).

La eficiencia de conversión de la semana 4, si bien no fue significativamente distinta a la semana 7 (la mejor en cuanto a eficiencia), tampoco lo fue con respecto a la semana 11. Esto puede estar relacionado, en parte, con que la digestibilidad tuvo un efecto semana, aumentando a medida que pasó el tiempo. Por lo que la baja digestibilidad de la primera semana podría haber afectado la eficiencia de conversión. Sin embargo, el efecto negativo de la digestibilidad sobre la eficiencia de conversión pudo haber sido contrarrestado por el efecto del clima. Dado que en esta semana se dieron muy buenas condiciones climáticas: una temperatura mínima media de 6.4 °C (la de la semana 7 fue de 4,9 °C), una temperatura máxima promedio de 17,4 °C (la más alta de las 3 semanas) y sin precipitaciones durante la semana estudiada.

5. CONCLUSIONES

En terneras consumiendo dietas totalmente mezcladas (70% ración comercial, 30% voluminoso), la restricción creciente en la oferta de alimento hasta 68.8% de *ad libitum*, no afecta significativamente a la eficiencia de conversión.

Esta respuesta es consistente con los cambios en el consumo de materia seca y la ganancia de peso, sin afectarse la digestibilidad de la materia seca.

Sin embargo, la restricción creciente en la oferta de alimento modifica el comportamiento ingestivo del animal en el corral, reduciéndose el tiempo de consumo y aumentando la tasa de consumo del alimento. Este tipo de respuesta amerita continuar siendo evaluada, en tanto podría interactuar con tipo de dieta, en condiciones en que la relación voluminoso/ concentrado sea menor.

6. RESUMEN

La eficiencia de conversión del alimento tiene gran peso en la performance animal en el corral y en los costos del mismo, mediante la restricción del nivel de oferta de alimento, puede existir un impacto positivo en el resultado productivo y económico final. El presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar el impacto del nivel de oferta de una ración totalmente mezclada (80/20 concentrado/voluminoso) sobre la eficiencia de conversión del alimento en 32 terneras Hereford (161 ± 26 kg) manejadas en confinamiento durante el invierno. Los niveles de oferta de alimento evaluados fueron: 2.2 %peso vivo (PV), 2.53 %PV, 2.86 %PV y 3.19 %PV, cada tratamiento constituido por ocho repeticiones ($n=8$ corrales con una ternera/corral). El peso vivo fue medido cada catorce días, se registró diariamente el consumo de materia seca. En las semanas 4, 7 y 11 se registró el comportamiento diurno de los animales y se tomaron muestras de heces para determinar la digestibilidad del alimento. El experimento fue realizado desde el 19/06/2018 hasta el 18/09/2018 en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), en la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC), de la Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. Se encontró una respuesta lineal en la ganancia media diaria kg/d (GMD.), existiendo diferencias significativas en todos los tratamientos ($P < .0001$) y en todas las semanas de estudio ($P = 0.0148$). Tanto la digestibilidad de la materia seca (%) como la digestibilidad de la materia orgánica (%) presentan una respuesta que tiende a cuadrática ($P = 0.0813$ y 0.0827 respectivamente), ambas variables no presentan diferencias significativas entre tratamientos, pero sí para las semanas ($P = <.0001$). La eficiencia de conversión no presentó diferencias significativas (ni la EC de la materia seca, ni la EC de la materia seca digestible). El consumo de materia seca (CMS) kg/a/d presentó una respuesta lineal al tratamiento ($P < .0001$) y el CMS %PV una respuesta cuadrática al tratamiento ($P = <.0001$). La cantidad de alimento suministrada originó diferencias significativas en cuanto a la actividad de consumo ($3.2 = A, 2.9=B, 2.5=C, 2.2=D$), en la actividad de rumia ($3.2 = A, 2.9=B, 2.5=B, 2.2=C$) y en el descanso ($2.2=A, 2.5=B, 2.9=C, 3.2=D$). Las tasas de consumo no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos desde las 0800 a 1600 hs, entre 30 - 42 g/min. Entre 1600 y 1800 hs fueron del tratamiento más restringido al *ad libitum* de: 44,25, 34,24, 29,98, 24,17 g/min.

Palabras clave: Alimentación diferencial de terneros (ADTPV); Corral; Terneras; Comportamiento; Ganancia media diaria; Consumo; Eficiencia de conversión; Alimentación restringida.

7. SUMMARY

The feed efficiency has a lot of weight in the animal performance in the pen and in the costs of it; it is supposed that through the restriction of the intake level, there may be a positive impact on the productive and economic final result. The current study evaluated the effects of different levels off feeding, with a total mixed ration (80/20 concentrated / voluminous), on feed efficiency (FE) in 32 Hereford veals (161 ± 26 kg) managed in confinement during winter. The feeding levels evaluated were: 2.2 % of body weight (BW), 2.53 %BW, 2,86 %BW, 3,19 %BW, each treatment consisting of eight repetitions (n=8 pens with one veal/pen). The body weight (BW) was measured every fourteen days and the consumption of dry matter was recorded daily. In the weeks 4, 7 and 11 it was registered the diurnal behavior of the veals and where taken feces samples to determine the feed digestibility. The experiment took place from 06/19/2018 to 09/18/2018 in the Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), in the experimental field "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC), of the Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. There was a linear response in the average daily gain kg/d (ADG), with significant differences in all treatments ($P < 0.0001$) and in all the weeks studied ($P = 0.0148$). Both the digestibility of the dry matter (%) and the organic matter digestibility (%) present a response that tends to be quadratic ($P = 0.0813$ and 0.0827 respectively), none of the variables show significant differences between treatments, but they do for the weeks ($P = < .0001$). The feed efficiency did not present significant differences (neither the FE of the dry matter nor the FE of the digestible dry matter). The dry matter intake (DMI.) kg/a/d showed a linear response to treatment ($P = < .0001$) and the DMI% BW. presented a quadratic response to the treatment ($P = < .0001$). The amount of food supplied gave rise to significant differences in terms of intake activity (3.2 = A, 2.9 = B, 2.5 = C, 2.2 = D), in the rumination activity ((3.2 = A, 2.9 = B, 2.5 = B, 2.2 = C) and resting activity (2.2 = A, 2.5 = B, 2.9 = C, 3.2 = D). The eating rates were not significantly different between treatments from 0800 to 1600 hs, between 30 - 42 g/min. From 1600 to 1800 hs they were, starting by the most restricted treatment to the *ad libitum*: 44,25, 34,24, 29,98, 24,17 g/min.

Key words: Differential calf feeding (ADT); Veals; Behavior; Confinement; Average daily gain; Intake; Feed efficiency; Restricted feeding.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Albornoz, R. I.; Ceconi, I.; Méndez, D.; Davies, P.; Colombatto, D.; Elizalde, J. 2009. Efecto de la alternancia del nivel de alimentación sobre la respuesta animal de terneros recriados a corral. *Revista Argentina de Producción Animal*. 29 (supl. 1):231-232.
2. Anderson, P.; O'Connor, D. 2012. Beef Cattle: feed bunk management for maximum consistent intake. (en línea). St. Paul, MN, USA, University of Minnesota Extension. 11 p. Consultado 18 mar. 2019. Disponible en https://pdfs.semanticscholar.org/1050/e6813e9f11c15928220fadc234b39138b7e8.pdf?_ga=2.205455248.1234727625.1572012251-1021714456.1554307231
3. Anzolabehere, M.; Cortazzo, N. R.; Simeone, A.; Beretta, V.; Franco, J. 2017. Utilización de granos secos de destilería obtenidos a partir de sorgo (DDGS) en raciones concentradas ofrecidas a terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p.
4. Ayala, W.; Bermúdez, R. 2008. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas de la región este del Uruguay. *In*: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo Campos (22^a., 2008, Minas). Bioma campos: innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad. Minas, Grupo Campos. pp. 157-158.
5. Baldwin, R. L.; Sharp, M.; Smith, N. E.; Taylor, J. 1980. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. *Journal of Animal Science*. 51: 1416-1420.
6. Bavera, G. A. 2009. Biotipos bovinos. (en línea). *In*: Cursos de Producción Bovina de Carne (2009, Río Cuarto). Textos. Río Cuarto, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. pp. 1-4. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/06-biotipos_carne_%20leche_y_trabajo.pdf

7. Bemhaja, M. 1995. Producción de pasturas en basalto. In: Risso, D. F., Berreta, E. J., Morón, A. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 231-240 (Serie Técnica no. 80).
8. Beretta, V.; Lobato, J. F. P.; Mielitz Netto, C. G. A. 2001. Produtividade e eficiência biológica de sistemas pecuários de cria diferindo na idade das novilhas ao primeiro parto e na taxa de natalidade do rebanho no Rio Grande de Sul. Revista Brasileira de Zootecnia. 30 (supl. 4):1278-1286.
9. _____; Simeone, A.; Pancini, S.; Cedrés, M.; García, E.; Oneto, L.; Zabalveytia, N. 2016. Grano entero de avena: una nueva opción como fuente de fibra en dietas de corral. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (18a., 2016, Paysandú). A pasto y a corral, dos caminos con un mismo destino: la rentabilidad. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 38-41.
10. Bergen, R. D.; Schwartzkopf Genswein, K. S.; McAllister, T. A.; Kennedy A. D. 2008. Effects of feeding time on behaviour, thermoregulation and growth of steers in winter. Canadian Journal of Animal Science. 88(supl. 3): 369-379.
11. Bervejillo, J.; Fagúndez, D.; González, C.; Ortiz, A.; Ferreira, J. P.; Fernández, J.; Casalás, T.; Carzoli, A.; Dávila, F.; Campoy, D. 2018. Encuesta ganadera nacional 2016. Montevideo, MGAP. OPYPA. 29 p.
12. Bingham, G. M.; Friend, T. H.; Lancaster, P. A.; Carstens, G. E. 2009. Relationship between feeding behavior and residual feed intake in growing Brangus heifers. Journal of Animal Science. 87(supl. 8): 2685-2689.
13. Brito, G.; Jiménez de Aréchaga, C. 2019. El crecimiento de los diferentes tejidos en el animal y su efecto en la composición de la canal. In: Jornada de Jóvenes (2004, Montevideo). Actualización técnica en el sector carnes dirigida a jóvenes agropecuarios entre 15 y 29 años. Montevideo, INIA. pp. 1-2.
14. Capozzolo, M. C.; Crudeli, S. M. 2014. La reposición de hembras, uno de los puntos clave en los sistemas de cría. Revista Voces y Ecos no. 31: 19-22.
15. Cavallini, D.; Mammi, L. M. E.; Fustini, M.; Palmonari, A.; Heinrichs, A. J.; Formigoni, A. 2018. Effects of *ad libitum* or restricted access to total

mixed ration with supplemental long hay on production, intake, and rumination. *Journal Dairy Science*.101:10922–10928.

16. Ceconi, I.; Davies, P.; Méndez, D. G.; Elizalde, J. C.; Buffarini, M. A. 2010. El nivel de engrasamiento inicial y la ganancia de peso durante la recría a corral afectan los resultados físicos y económicos del proceso de invernada. *Revista Argentina de Producción Animal*. 30 (supl. 1):51-68.
17. Da Costa Gomes, R.; Sainz, R. D.; Leme, P. R. 2013. Protein metabolism, feed energy partitioning, behavior patterns and plasma cortisol in Nellore steers with high and low residual feed intake. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 42: 44-50.
18. Damiran, D.; Penner, G.; Larson, Kathy.; Lardner, H. 2015. Phenotypic relationships of residual feed intake with growth, feeding behavior, and reproductive performance of beef heifers. *In: Meeting of Western Section of American Society of Animal Science (66th, 2015, Ruidoso, MN, USA)*. Proceedings. Champaign, IL, USA, American Society of Animal Science. pp. 286-290.
19. Dieguez, F. 2014. Algunos aspectos a considerar en la nutrición de rumiantes: la nutrición energética. *Revista Plan Agropecuario* no. 151: 32 - 34.
20. Di Marco, O. N. 2004. Fisiología de crecimiento de vacunos. (en línea). *In: Curso de Posgrado Actualización en Invernada (2004, General Pico)*. Fisiología del crecimiento de vacunos. General Pico, Universidad Nacional de la Pampa. Facultad de Ciencias Veterinarias. pp. 1-8. Consultado 22 jul. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/16-fisiologia_del_crecimiento.pdf
21. _____. 2006. Eficiencia de utilización del alimento en vacunos. *Revista Visión Rural*. 13 (supl. 61):1-4
22. Dos Santos, P. B.; Almeida de Santana Júnior, H.; Jacome de Araújo, M.; Prates de Oliveira, A.; Oliveira Cardoso Santana E.; Bacelar Lima Mendes, F. 2018. Feeding behavior of categories of feedlot-finished beef cattle. *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 40 (supl. e35528): 1-5.

23. Fanning, K.; Milton, T.; Klopfenstein, T.; Jordon, D. J.; Cooper, R.; Parrott. 1999. Effects of rumensin level and bunk management strategy on finishing steers. *Nebraska Beef Cattle Reports*. 404: 41-44.
24. Fernández Mayer, A. 1998. Fisiología de la producción de carne. *Revista Material Didáctico*. no. 3: 6-34.
25. Formoso, D. 1997. Productividad y manejo de pasturas naturales en cristalino. *In*: Carambula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva*. Montevideo, INIA. pp. 51-58 (Serie Técnica no. 13).
26. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal* 16 (supl. 2):119-142.
27. Galyean, M. L.; Wagner, D. G.; Owens, F. N. 1979. Level of feed intake and site and extent of digestion of high concentrate diets by steers. *Journal of Animal Science*. 49:199-210.
28. _____. 1999. Review: restricted and programmed feeding of beef cattle—definitions, application, and research results. *Professional Animal Scientist*. 15:1-6.
29. García Trejo, L. 2011. Eficiencia de la producción animal. (en línea). s.l., Engormix. s.p. Consultado 12 jul. 2019. Disponible en <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/produccion-animal-eficiente-t28706.htm>
30. Gibb, D. J.; McAllister T. A.; Huisma, C.; Wiedmeier, R. D. 1998. Bunk attendance of feedlot cattle monitored with radio frequency technology. *Canadian Journal of Animal Science*. 78 (supl. 4): 707-710.
31. _____.; Schwartzkopf Genswein, K.; Stookey, J. M.; McKinnon, J. J.; Godson, D.; Wiedmeier, R. D.; McAllister. T. A. 1999a. The effect of a trainer cow on health, behavior and performance of newly weaned calves. *Journal of Animal Science* 78:1716-1725.
32. _____.; McAllister T. A. 1999b. The Impact of Feed Intake and Feeding Behavior of Cattle on Feedlot and Feedbunk Management. *In*: *Western Nutrition Conference (20th., 1999, Calgary)*. Proceedings. Lethbridge, Agriculture and Agri-Food Canada. pp. 101-116.

33. Gil, A. D.; Huertas, S. M.; Rampoldi, O. 2003. Composición de la grasa de cobertura en bovinos según diferentes tipos de alimentación. (en línea). Montevideo, Uruguay, UdelaR. Facultad de Veterinaria. 5 p. Consultado 18 jul. 2019. Disponible en http://www.bienestaranimal.org.uy/files/n_7.pdf
34. Giner, R.; Chavez, M. G.; Chavez, I.; Negrete, L. 1988. Hábitos de comportamiento y gasto energético de bovinos en pastoreo en un pastizal mediano abierto del altiplano central. Técnica Pecuaria de México. 26 (supl. 2):221 – 230.
35. Golden, J. W.; Kerley, M. S.; Kolath, W. H. 2008. The relationship of feeding behavior to residual feed intake in crossbred Angus steers fed traditional and no-roughage diets. Journal of Animal Science. 86: 180-186.
36. Gonyou, H. W.; Stricklin, W. R. 1984. Diurnal behavior patterns of feedlot bulls during winter and spring in northern latitudes. Journal of Animal Science. 58:1075-1083.
37. Gonzalez Vizcarra, V. M.; Plascencia, A.; Ramos Aviña, D.; Avery Zinn, R. 2017. Influence of substituting steam-flaked corn for dry rolled corn on feedlot cattle growth performance when cattle are allowed either *ad libitum* or restricted access to the finishing diet. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 30 (supl. 11):1563-1567.
38. Hahn, G. L. 1985. Weather and climate impacts on beef cattle. Beef Research Program Progress Report. 2: 85-89.
39. Halfman, B. 2016. Muddy conditions influence on beef cattle performance. (en línea). Madison, University of Wisconsin. s.p. Consultado 08 jun. 2019. Disponible en <https://fyi.extension.wisc.edu/wbic/2016/04/01/muddy-conditions-influence-on-beef-cattle-performance/>
40. Heinrichs, J.; Jones, C. M. 2016. Penn state particle separator. (en línea). Pennsylvania, The Pennsylvania State University. PennState Extension. s.p. Consultado 04 sept. 2019. Disponible en <https://extension.psu.edu/penn-state-particle-separator>
41. Hendriks, J.; Scholtz, M. M.; Naser, F. W. C. 2013. Possible reasons for differences in residual feed intake: an overview. South African Journal of Animal Science. 43 (supl. 1): 103-106.

42. Herd, R. M.; Arthur, P. F. 2009. Physiological basis for residual feed intake. *Journal of Animal Science*. 87 (supl. E):E64–E71.
43. Hicks, R. B., Owens, F. N.; Gill, D. R. 1989. Behavioral patterns of feedlot steers. *Animal Science Research Report*. MP-127: 94 - 105.
44. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2018. Boletín pluviométrico. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jun. 2019. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/recursos-hidricos/boletin-pluviometrico>
45. Krause, K. M.; Combs, D. K.; Beauchemin, K. A. 2002. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. *Milk Production and Diet Digestibility. Journal of Animal Science*. 85:1936–1946.
46. Latimer E. G. W. ed. 2012. Official methods of analysis of AOAC International. 19th. ed. Gaithersburg, Maryland, USA. pp. 20877-22417.
47. Loerch, S. 1990. Effects of feeding growing cattle high-concentrate diets at a restricted intake on feedlot performance. *Journal of Animal Science*. 68: 3086-3095.
48. Mc Donald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D.; Morgan, C. A. 2006. *Nutricion animal*, 6^a. ed. Zaragoza. Acribia. pp. 186-245.
49. Mader, T. 2011. Mud effects on feedlot cattle. *Nebraska Beef Cattle Report*. 613: 82-83.
50. Madsen, L. L. 1935. Factors affecting maintenance nutrition, feed utilization, and health of farm animals. *In: Conference on Energy Metabolism (1935, State College, PA). Yearbook of agriculture*. Washington, D. C., United States Government Printing Office. pp. 431-449.
51. Mamani Linares, L. W.; Cayo, F.; Gallo, C. 2014. Características de canal, calidad de carne y composición química de carne de llama: una revisión. *Revista de Investigación Veterinaria de Perú*. 25 (supl. 2): 1609-9117.
52. Marichal, M. J. 2012. Digestión de nutrientes. *In: Curso de Anatomía y Fisiología Animal (2012, Montevideo). Textos*. Montevideo, UdelaR. Facultad de Agronomía. pp. 1-8.

53. Martínez Techera, M. 2013. Variables de manejo. *In*: Curso Producción Animal Sostenible en Pastoreo sobre Campo Natural (2013, Montevideo). Textos. Montevideo, MGAP. pp. 7-14.
54. Martz, F. A.; Belyea, R. L. 1986. Role of particle size and forage quality in digestion and passage by cattle and sheep. *Journal of Animal Science*. 69:1996-2008.
55. Meissner, H. H. 1995. The relationships between feed intake, daily gain and feed efficiency in fast-growing feedlot steers. *In*: Symposium Feed Intake by Feedlot Cattle (1995, Oklahoma, USA). Proceedings. Stillwater, Oklahoma Agricultural Experimental Station. pp. 49-55.
56. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2017. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 214 p.
57. Mongeon, M. S. 2016. Ruminations on Ruminations. (en línea). Ontario, Canadá, Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs. 4 p. Consultado 18 sept. 2019. Disponible en <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/dairy/facts/ruminations.htm>
58. Monje, A. 2002. Utilización de grano de sorgo en sistemas de feedlot de terneros. INTA. Concepción del Uruguay. Hoja informativa no. 70. 2 p.
59. Moreira da Costa, J. A. 2016. Entore con 15 meses. *Revista Plan Agropecuario* no. 160: 32-34.
60. Murphy, T. A.; Loerch, S. C. 1994. Effects of restricted feeding of growing steers on performance, carcass characteristics, and composition. *Journal of Animal Science*. 72: 2497-2507.
61. Nkrumah, J. D.; Okine, E. K.; Mathison, G. W.; Schmid, K.; Basarab, J. A.; Price, M. A.; Wang, Z.; Moore, S. S. 2006. Relationship of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 84: 145-153.
62. NRC (National Research Council, US). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 381 p.

63. Olmos López, F. 1997. Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región noreste. Montevideo, INIA. 22 p. (Boletín de Divulgación no. 64).
64. Osorio Carmona, E.; Giraldo Carmona, J.; Narváez Solarte, W. 2012. Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. *Revista de Veterinaria Zootecnia*. 6 (supl. 1): 87-97.
65. Parra, V.; Rifle, S.; Elizalde, J.C. 2006. Estrategias de inclusión del corral en los sistemas ganaderos de la Argentina. Buenos Aires, Gráfica Máxima. 179 p.
66. Pigurina, G.; Methol, M. 2004. Tabla de contenido nutricional de pasturas y forrajes del Uruguay. *In*: Mieres, J. M. ed. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 1-11 (Serie Técnica no. 142).
67. Plegge, S. D. 1986. Restricting intake of feedlot cattle. *In*: Feed Intake Symposium (1986, Oklahoma, US.). Proceedings. St. Paul, MN, University of Minnesota. pp. 297-301.
68. Pordomingo, A. J. 2004. Engorde a corral. (en línea). *In*: Curso de Posgrado Actualización en Invernada (2004, General Pico). Textos. General Pico, Universidad Nacional de la Pampa. Facultad de Ciencias Veterinarias. pp. 1-34. Consultado 13 mar. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/78-feedlot.pdf
69. _____; Kent, F.; Volpi Lagreca, G.; Alende, M.; Pordomingo, A. 2010. Efecto del nivel de alimentación en recría a corral sobre la respuesta animal en el pastoreo subsiguiente. *Revista Argentina de Producción Animal*. 30:131-141.
70. Pritchard, R. H. 1998. Bunk management - Observations from research. *In*: Conferencia Plains Nutrition Council Spring (1998, San Antonio). Proceedings. Amarillo, Texas A&M Research and Extension Center. pp. 68-75.
71. _____; Bruns K. W. 2003. Controlling variation in feed intake through bunk management. *Journal of Animal Science*. 81 (supl. 2): 133 – 138.

72. Richardson, E. C.; Herd, R. M.; Arthur, P. F.; Wright, J.; Xu, G.; Dibley, K.; Oddy, V. H. 1996. Possible physiological indicators for net feed conversion efficiency in beef cattle. Proceedings of The Australian Society of Animal Production. 21:103-106.
73. Rodriguez, N. M.; Oliveira Simões Saliba, E.; Guimarães Junior, R. 2007. Uso de Indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida . Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 20 (supl. 4):518-525.
74. Sánchez Chopa, F. s.f. Crecimiento y desarrollo. In: Curso Zootecnia (s.f., Buenos Aires). Trabajos presentados. Buenos Aires, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. s.p.
75. Sánchez Orozco, L.; Tinajero, J. J.; Gumaro García Castillo, C.; Izaguirre Flores, F.; Martínez Priego, G.; Torres Hernández, G. 2007. El efecto de un ionóforo en la productividad de bovinos pastoreando Zacate Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). Revista Científica. Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Zulia. 17(supl. 3): 246-254.
76. San Miguel, A. 2006. Fundamentos de alimentación y nutrición del ganado. (en línea). Madrid, Universidad Politécnica de Madrid. 9 p. Consultado 25 mar.2019. Disponible en http://www2.montes.upm.es/Dptos/Dsrn/SanMiguel/APUNTES_PRESENTACIONES/PASCICULTURA%20Y%20SAF/Nutrici%C3%B3n%20animal%20texto%202012.pdf
77. Schutz, J. S.; Wagner, J. J.; Neuhold, K. L.; Archibeque, S. L.; Engle, T. E. 2011. Effect of feed bunk management on feedlot steer intake. The Professional Animal Scientist. 27(supl. 5): 395-401.
78. Schwartzkopf Genswein, K. S.; Gibb, D. J. 2000. Managing cattle for improved feed efficiency: a feeding behavior perspective. In: National Beef Science Seminary (2000, Lethbridge). Proceedings. Lethbridge, Agriculture and Agri-Food Canada. pp. 1-9.
79. _____; McAllister, T. A.; Gibb, D. J.; Beauchemin, K. A.; Streeter, M. 2002a. Effect of timing and uniformity of feed delivery on feeding behavior, ruminal pH and growth performance of feedlot cattle. Journal of Animal Science. 80 (supl.1): 82-87.

80. _____.; Atwood, S.; McAllister, T. A. 2002b. Relationships between bunk attendance, intake and performance of steers and heifers on varying feeding regimes. *Applied Animal Behaviour Science*. 76: 179-188.
81. _____.; Beauchemin, K.; Gibb, D. J.; Crews, D. H.; Hickman, D. D.; Streeter, M.; Mcallister, T. 2003. Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science*. 81 (supl. 2): E149-E58.
82. Serrentino, R. 1991. Suplementación de ganado lechero. *Revista Plan Agropecuario*. no. 55: 13 - 16.
83. Simeone, A.; Beretta, V. 2008. Encierre de terneros o sistema ADT. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10^a., 2008, Paysandú). Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 38 - 41.
84. _____.; _____.; Marques, S.; Risi, D.; Reissig, M. N.; Blanc, E.; Gil, J. 2015. Combinando recursos para el entore a los 15 meses: destete precoz, pasto y alimentación a corral ¿cuándo y cómo? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (17^a., 2015, Paysandú). Tecnología, precio y resultado económico en el negocio ganadero: ese difícil equilibrio. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 37-43.
85. _____.; _____.; Franco, J.; Pancini, S.; Caorsi, C. J.; Novac, M.; Panizza, V.; Rodríguez, V. 2018. Uso del DDGS de sorgo en raciones de engorde a corral, con “suministro restringido” como estrategia de manejo del comedero. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (20^a., 2018, Paysandú). 20 años de investigación para una ganadería más rentable. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 44-52.
86. Soto Navarro, S. A.; Krehbiel, C. R.; Duff, G. C.; Galyean, M. L.; Brown, M. S.; Steiner, R. L. 2000. Influence of feed intake fluctuation and frequency of feeding on nutrient digestion, digesta kinetics, and ruminal fermentation profiles in limit-fed steers. *Journal of Animal Science*. 78: 2215-2222.
87. Stefañuk, F. 2014. Efecto del pH sobre la digestión ruminal. In: Curso de Nutrición Animal Aplicada del Grupo de Nutrición Animal de la

Unidad Integrada Balcarce (2014, Balcarce, AR). Textos. Balcarce, INTA. Balcarce/UNMP. FCA. pp. 24-29.

88. Streeter, M. N.; Branine, M.; Whitley, E.; McCollum, F. T. 1999. Feeding behavior of feedlot cattle: does behavior change with health status, environmental conditions and performance level? In: Conference Plains Nutrition Council Spring (1999, San Antonio). Proceedings. Amarillo, Texas A&M Research and Extension Center. pp. 36-47.
89. Trujillo, A. I.; Marichal, M. J. 2014. Caracterización química de los alimentos. Montevideo, Facultad de Agronomía. 19 p.
90. Van Soest, P.J.; Roberston, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74 (supl. 5):3583-3597.
91. Webster, A. J. F.; Osuji, P. O.; White, F.; Ingram, J. F. 1975. The influence of food intake on portal blood flow and heat production in the digestive tract of the sheep. *British Journal of Nutrition*. 34: 125-139.
92. Young, B. A. 1981. Cold stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science*. 52 (supl. 1):154-163.
93. _____. 1983. Ruminant cold stress: effect on production. *Journal of Animal Science*. 57 (supl. 6):1601-1607.
94. 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 (supl. 2):471-475.
95. _____. 1995. Effects of levels and patterns of intake on digestive function in feedlot steers. In: Symposium Feed Intake by Feedlot Cattle (1995, Oklahoma). Proceedings. Stillwater, Oklahoma State University. pp.167-171.

9. ANEXOS

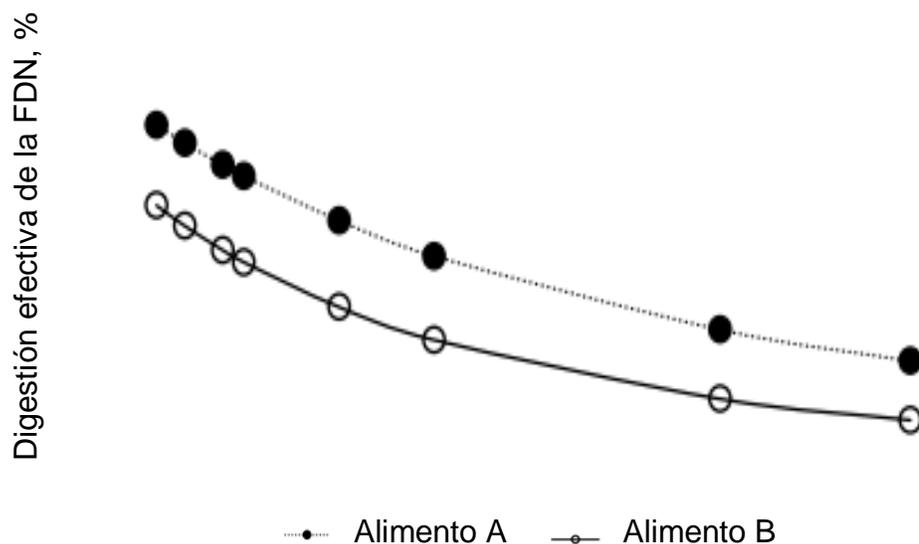
Anexo 1

Cuanto mayor es la proporción de voluminoso, la dieta se vuelve más indigestible, según ecuación (Pigurina et al., 2004). Cabe mencionar que los cálculos de digestibilidad son dirigidos a vacas lecheras, pero a modo de ejemplo se utilizó la ecuación,

$EnI \text{ (Mcal/kg MS)} = -0,12 + 0,0245 \times (\%DMO \times \%MO/100$, cálculos en Anexo 2)

Según esta ecuación, la digestibilidad del heno es de 53.3%, mientras que la del concentrado utilizado es del 88.6%, por lo tanto, cuanto mayor sea la proporción de heno en la dieta, mayor será la indigestibilidad de la misma.

Cuanto mayor es la digestibilidad de la dieta, mayor es la tasa de pasaje (Stefaňuk, 2014).



Tasa de pasaje del retículo rumen por hora

Figura I. Relación entre la digestibilidad de la dieta y la tasa de pasaje

Fuente: Stefaňuk (2014).

Anexo 2

$$\text{Enl (Mcal/kg MS)} = -0.12 + 0.0245 \times (\% \text{DMO} \times \% \text{MO}/100)$$

$$\text{Enl (Mcal/kg MS)} + 0.12 = 0.0245 \times (\% \text{DMO} \times \% \text{MO}/100)$$

$$\underline{\text{Enl (Mcal/kg MS)} + 0.12} = (\% \text{DMO} \times \% \text{MO}/100)$$

$$0.0245$$

$$\underline{\text{Enl (Mcal/kg MS)} + 0.12} = \% \text{DMO}$$

$$\underline{0.0245}$$

$$\% \text{MO}/100$$

$$\% \text{DMO} = \underline{\text{Enl (Mcal/kg MS)} + 0.12}$$

$$\underline{0.0245}$$

$$\% \text{MO}/100$$

$$\underline{\% \text{ DMO voluminoso}} = (((1.05+0.12)/0.0245)/(89.6/100)) = 53.3$$

$$\underline{\% \text{ DMO concentrado}} = (((1.8+0.12)/0.0245)/(88.5/100)) = 88.6$$

Anexo 3

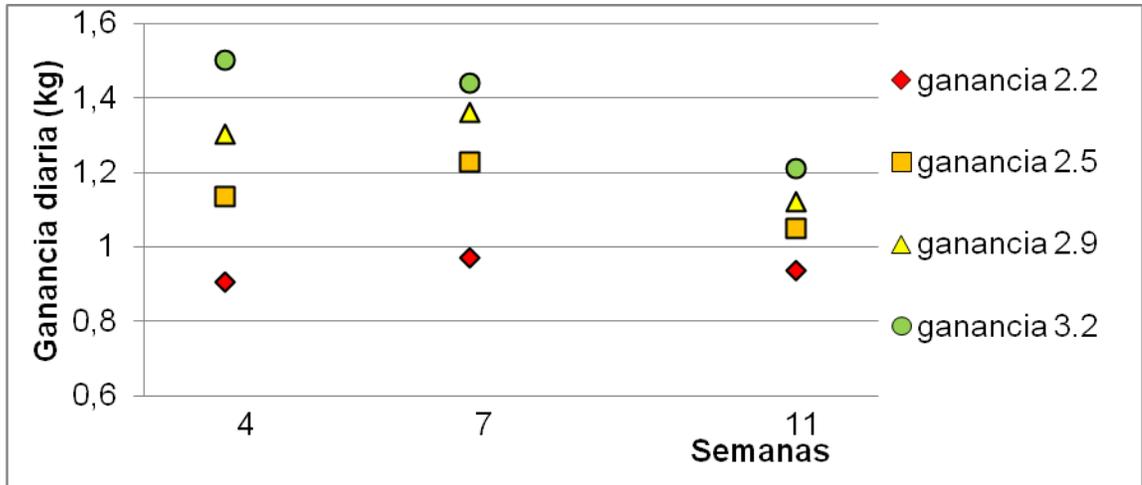


Figura II. Ganancia diaria (kg/día) por tratamiento conforme avanzó el periodo experimental

Anexo 4

Para el cálculo de la eficiencia de conversión de Pordomingo (2010) se tomaron los valores de ganancia media diaria reportados. Se supuso que el alimento ofrecido es igual al consumido por el animal. Se calculó el alimento ofrecido estimando el peso vivo cada 3 días (a partir del peso vivo inicial y la ganancia diaria) y multiplicando el valor obtenido por la asignación de cada tratamiento.

A partir de ambos valores (alimento ofrecido = consumido y ganancia media diaria) se calculó la eficiencia de conversión con la ecuación a continuación:

$$\frac{\text{kg de alimento ofrecido}}{\text{kg de peso vivo ganado}} = \text{eficiencia de conversión}$$

kg de peso vivo ganado

Se obtuvo el siguiente cuadro:

Cuadro I. Efecto del tratamiento sobre la eficiencia de conversión cada 3 días

		Tratamientos							
Día		1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	2	9,01	8,14	7,74	8,28	8,98	8,79	9,43	9,91
3	4	9,06	8,20	7,80	8,35	9,06	8,87	9,51	10,00
5	8	9,10	8,25	7,86	8,42	9,13	8,95	9,60	10,09
8	11	9,15	8,30	7,92	8,48	9,20	9,02	9,68	10,18
11	14	9,20	8,36	7,98	8,55	9,27	9,10	9,76	10,27
14	17	9,25	8,41	8,04	8,61	9,34	9,18	9,85	10,36
17	20	9,30	8,47	8,10	8,68	9,42	9,26	9,93	10,45
20	23	9,35	8,52	8,16	8,75	9,50	9,35	10,04	10,58
23	26	8,66	8,38	7,49	7,99	7,99	7,70	7,81	7,28
26	29	8,71	8,44	7,55	8,06	8,06	7,78	7,89	7,37
29	32	8,76	8,49	7,61	8,12	8,13	7,85	7,98	7,46
32	35	8,81	8,54	7,67	8,19	8,21	7,93	8,06	7,55
35	38	8,85	8,60	7,73	8,26	8,28	8,01	8,14	7,64
38	41	8,90	8,65	7,79	8,32	8,35	8,09	8,23	7,73
41	44	8,95	8,71	7,85	8,39	8,42	8,17	8,31	7,82
44	47	9,00	8,76	7,91	8,45	8,49	8,24	8,40	7,91
47	50	9,05	8,81	7,97	8,52	8,57	8,32	8,48	8,00
50	53	9,09	8,87	8,03	8,59	8,64	8,40	8,56	8,09
53	56	9,14	8,92	8,09	8,65	8,71	8,48	8,65	8,18
56	59	8,64	8,35	7,67	8,63	8,53	8,94	8,34	8,10
59	62	8,69	8,40	7,73	8,69	8,60	9,02	8,43	8,19
62	65	8,74	8,46	7,79	8,76	8,67	9,10	8,51	8,28
65	68	8,79	8,51	7,85	8,82	8,75	9,18	8,59	8,37
68	71	8,83	8,57	7,91	8,89	8,82	9,25	8,68	8,46
71	74	8,88	8,62	7,97	8,96	8,89	9,33	8,76	8,55
74	77	8,93	8,67	8,03	9,02	8,96	9,41	8,85	8,64
77	80	8,98	8,73	8,09	9,09	9,03	9,49	8,93	8,73
80	83	9,03	8,78	8,15	9,15	9,11	9,57	9,01	8,82
83	86	9,07	8,84	8,21	9,22	9,18	9,64	9,10	8,91
86	89	9,12	8,89	8,27	9,29	9,25	9,72	9,18	9,00
89	92	9,17	8,94	8,33	9,35	9,32	9,80	9,27	9,09

A partir del cuadro se realizó un promedio de la eficiencia de conversión para cada tratamiento para cada período (Cuadro II)

Cuadro II. Efecto de la asignación de alimento sobre la eficiencia de conversión según el período estudiado

Período	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0 – 22	9,18	8,33	7,95	8,52	9,24	9,07	9,73	10,23
23 - 56	8,90	8,65	7,79	8,32	8,35	8,09	8,23	7,73
57 - 92	8,91	8,65	8,00	8,99	8,93	9,37	8,80	8,59

Por último se realizó el análisis estadístico, haciendo análisis de varianza para cada valor, con un alfa de 0.05, se realizó la comparación de medias por Tukey, para evaluar si existen o no diferencias significativas entre distintos periodos para cada tratamiento.

Los resultados obtenidos se encuentran en el Cuadro III.

Cuadro III. Efecto de la asignación de alimento sobre la eficiencia de conversión según el período estudiado (diferencias significativas entre períodos para un mismo tratamiento)

Período	1,60	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0 – 22	9,18 a	8,33 b	7,95 a	8,52 b	9,24 a	9,07 b	9,73 a	10,23 a
23 – 56	8,90 b	8,65 a	7,79 a	8,32 b	8,35 c	8,09 c	8,23 c	7,73 c
57 – 92	8,91 b	8,65 a	8,00 a	8,99 a	8,93 b	9,37 a	8,80 b	8,59 b
Signif. (p)	0,0009	0,0006	n.s	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

Anexo 5

$y = -9.4272x^2 + 45.288x + 42.836$; la forma general de la ecuación es:

$y = ax^2 + bx + c$; por lo tanto

$$a. = -9.4272$$

$$b. = 45.288$$

$$c. = 42.836$$

Para calcular el máximo de una función se utiliza la siguiente ecuación:

$$-b = \frac{-45.288}{2 \times -9.4272} = \frac{-45.288}{-18.8544} = 2.40198574 = \text{oferta de alimento (\%PV) donde}$$

se maximiza el consumo

La oferta de alimento que maximiza el consumo, obtiene el siguiente consumo (% de lo ofrecido):

$$x=2.40198574$$

$$y= -9.4272x^2+45.288 x +42.836$$

$$y= -9.4272 x (2.40198574^2) + 45.288 x 2.40198574 + 42.836$$

$$y= -9.4272 x 5,76953551 + 45.288 x 2.40198574 + 42.836$$

$$y= -54.3905652 + 108.78113 + 42.836$$

$$y= 97.2265648$$

Anexo 6

$y= 10,516x^2 - 64,031x +129,39$; la forma general de la ecuación es:

$y= a x^2 + b x + c$; por lo tanto

a. 10,516

b. -64,031

c. 129,39

Para calcular el máximo de una función se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{-b}{2a} = \frac{64.031}{2 \times 10,516} = \frac{64.031}{21.032} = 3,04445607 = \text{oferta de alimento (\%PV) donde}$$

se minimiza la tasa de consumo total diurna.

$$x=3,04445607$$

$$y= 10,516.(3,04445607)^2 - 64,031.(3,04445607) +129,39$$

$$y= 97,5 - 194.9 +129.39$$

$$y= 31.99$$