

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECRÍA DE TERNERAS EN CONFINAMIENTO: EFECTO DEL NIVEL DE
OFERTA DE UNA RACIÓN CONCENTRADA SOBRE EL CRECIMIENTO Y
EFICIENCIA DE USO DEL ALIMENTO**

por

**Simón ALDAYA
Mario AYALA
Juan Ignacio STIRLING**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2020**

Tesis aprobada por:

Director: -----

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

Med. Vet. (MSc.) Juan Franco

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

Fecha: 19 de febrero de 2020

Autores: -----

Simon Aldaya

Mario Ayala

Juan Ignacio Stirling

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros tutores Virginia y Álvaro por el apoyo y compromiso con nuestro trabajo.

A nuestras familias y amigos por apoyarnos a lo largo de toda la carrera.

A los operarios y trabajadores de la EEMAC por su ayuda en la parte práctica.

A nuestras compañeras de techo por su compañerismo y ayuda en la parte práctica. Un agradecimiento especial a Inés Mesa por su ayuda en todo el trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADOS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. LA ALIMENTACIÓN A CORRAL DE TERNEROS EN EL CONTEXTO PROBLEMÁTICA DE LA GANADERÍA EN URUGUAY.....	2
2.2. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....	3
2.2.1. <u>Requerimientos de energía para mantenimiento</u>	3
2.2.1.1. Metabolismo basal.....	3
2.2.1.2. Actividad voluntaria.....	4
2.2.1.3. Termorregulación.....	4
2.2.2. <u>Requerimientos de energía para crecimiento</u>	4
2.2.2.1. Sexo.....	4
2.2.2.2. Edad.....	4
2.2.2.3. Biotipo.....	5
2.2.2.4. Tasa de ganancia	5
2.2.3. <u>Calidad de la dieta</u>	6
2.2.4. <u>Manejo de comedero</u>	8
2.3. DIFERENTES OFERTAS DE ALIMENTOS, ¿CONSUMO <i>AD</i> <i>LIBITUM</i> O RESTRINGIDO?.....	8
2.3.1. <u>Diferentes estrategias para manejar la oferta de alimento</u>	9
2.3.2. <u><i>Ad libitum</i></u>	10

2.3.3. <u>¿La restricción mejora la eficiencia?</u>	11
2.3.4. <u>Resultados experimentales</u>	12
2.4. HIPÓTESIS.....	15
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	16
3.1. PERÍODO, ÁREA EXPERIMENTAL E INFRAESTRUCTURA.....	16
3.2. ALIMENTOS.....	16
3.3. ANIMALES Y TRATAMIENTOS.....	17
3.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	17
3.4.1. <u>Período pre-experimental</u>	17
3.4.2. <u>Período experimental</u>	18
3.5. REGISTROS Y MEDICIONES.....	18
3.5.1. <u>Peso vivo y altura</u>	18
3.5.2. <u>Consumo de materia seca</u>	18
3.6. VARIABLES CALCULADAS.....	19
3.6.1. <u>Eficiencia de conversión</u>	19
3.6.2. <u>Coeficiente de digestibilidad aparente de la MS y de la MO</u>	20
3.6.3. <u>Aporte de fibra efectiva</u>	20
3.7. ANÁLISIS QUÍMICOS.....	20
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	21
4. <u>RESULTADOS</u>	24
4.1. CONSUMO Y RECHAZO.....	24
4.2. DIGESTIBILIDAD Y CONSUMO DE MS DIGESTIBLE.....	27
4.3. EVOLUCIÓN DE PESO VIVO Y ALTURA.....	29
4.4. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....	31
5. <u>DISCUSIÓN</u>	34

5.1. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS.....	34
6. <u>CONCLUSIONES</u>	36
7. <u>RESUMEN</u>	37
8. <u>SUMMARY</u>	38
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	39

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Consumo (PV%), ganancia media diaria, eficiencia de conversión según diferentes ofertas de alimento y calidad de dieta.....	14
2. Registro de temperaturas y precipitaciones para los meses en estudio.....	16
3. Composición química de los ingredientes de la dieta y de la ración totalmente mezclada.....	17
4. Efecto del nivel de oferta de alimento sobre el consumo (CMS) y rechazo diario	24
5. Efecto del nivel de oferta de alimento sobre la digestibilidad de la materia seca (DMS), orgánica (DMO) y consumo de materia seca digestible (CMSD)	27
6. Efecto de las diferentes ofertas de alimento sobre el peso vivo final, altura y ganancia media diaria.....	30
7. Efecto del nivel de la oferta de alimento sobre la ganancia media diaria, el consumo y la eficiencia de conversión y respuesta a la restricción respecto a <i>ad libitum</i> de las variables mencionadas.....	32
Figura No.	
1. Cambios en la composición del tejido depositado según ganancia peso diaria.....	7
2. Efecto de la oferta de alimento sobre el consumo expresado como kg/día y como porcentaje cada 100 kg de peso vivo y el rechazo (kg/día).....	25
3. Efecto de los distintos niveles de oferta de alimento sobre el consumo (kg MS/a/d) en el del periodo experimental.....	26

4. Efecto día dentro de la semana sobre el consumo por tratamiento.....	27
5. Efecto del nivel de oferta de alimento sobre la digestibilidad de la materia orgánica y materia seca (%) y el consumo de materia seca y materia seca digestible (kg).....	28
6. Efecto de los distintos niveles de alimento ofrecido sobre la evolución del peso vivo en todo el periodo	30

1. INTRODUCCIÓN

El invierno es la estación con menor producción de forraje del campo natural, lo que provoca que los animales sobre pasturas naturales pierdan o dejen de ganar peso. Para los predios que optan por no disminuir la carga en esta estación o por aumentar la producción total del sistema, el ADT (alimentación diferencial del ternero) surge como una herramienta muy útil para cumplir estos objetivos. Esta tecnología consiste en trasladar a los terneros a un confinamiento durante el invierno, pudiendo así manejar su alimentación como su performance.

A la hora de montar un encierre de animales, hay variables claves que se deben conocer para obtener resultados positivos, sin duda la eficiencia de conversión es la más importante.

Dietas concentradas pueden generar muy buenas eficiencias de conversión ya que la misma produce mayor cantidad de propiónico con relación al acético, y como ventaja menos incremento calórico y menos metano.

Es posible modificar los valores de eficiencia de conversión y de ganancia media diaria modificando la oferta de alimento. De la energía que el animal metaboliza, una parte se destina a cubrir los requerimientos energéticos de mantenimiento, mientras que el excedente a producción de tejido. A mayor consumo de energía, mayor excedente se genera y por lo tanto mejora la eficiencia, esto no quiere decir que los mayores consumos se traduzcan en máximas eficiencias. Restricciones de 10-15% en animales en terminación han mostrado mejoras en la eficiencia sin modificaciones importantes en la ganancia media diaria debido a que existe una leve mejora en la digestibilidad del alimento, menor costo de mantenimiento y un menor rechazo en el comedero.

En el presente trabajo se estudiará que sucede si aumenta el nivel desde *ad libitum* hasta una restricción del 30%, ya que si bien existen antecedentes que indican que restricciones en novillos mejoran la eficiencia de conversión, existen escasos antecedentes que estudien esta respuesta en terneros, en invierno, alimentados con dietas concentradas. La razón por la cual se evaluara restricciones hasta un 30% es debido a que en este tipo de categorías (terneras) se aceptan ganancias menores (700-800 gramos) que los animales en terminación, donde se buscan mayores ganancias medias diarias. Esto puede tener un impacto importante en la eficiencia de conversión.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el impacto del nivel de oferta de una ración totalmente mezclada sobre la eficiencia de uso del alimento en terneras Hereford manejadas en confinamiento durante el invierno; describir las curvas de

crecimiento y cuantificar la ganancia de peso vivo, caracterizar el consumo de materia seca y el efecto de la restricción de la oferta de alimento sobre la digestibilidad y la eficiencia de conversión del alimento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA ALIMENTACIÓN A CORRAL DE TERNEROS EN EL CONTEXTO PROBLEMÁTICA DE LA GANADERÍA EN URUGUAY

La ganadería en el Uruguay está basada en el campo natural (MGAP. DIEA, 2018), principalmente en suelos marginales no aptos para la agricultura, que representan la mayor parte de la superficie del país. La producción de forraje del campo natural es muy variable, siendo invierno la estación de más bajo crecimiento (INIA, 2017), por lo general en esta estación se genera sobrepastoreo.

Este fenómeno supone consecuencias negativas tanto para el campo natural (pérdida de especies más productivas, riesgo de erosión, degradación, etc.) como para los animales, que además de soportar las condiciones climáticas adversas, frecuentemente sufren restricciones alimenticias severas.

La alimentación es la limitante más importante en esta estación, varios autores (Quintans, 2008) coinciden en que, si los animales permanecen en régimen de pastoreo sobre campo natural, pierden peso, generando así una ineficiencia en el sistema de producción con la consecuente pérdida de rentabilidad de las empresas ganaderas.

En este contexto es donde surge el sistema de alimentación diferencial de terneros o ADT, que consiste en alimentar a los terneros a corral, potenciando su crecimiento invernal. Simeone y Berretta (2008), encontraron ganancias medias diarias de 0.704 y 0.956 g/d para dos años de estudio (2006 y 2007 respectivamente). La eficiencia de conversión asociada a estas ganancias fue de 7.6:1 y 5.2:1 (2006 y 2007 respectivamente) en terneros Hereford alimentados con dietas concentradas (80-85% de concentrado).

Elizalde et al. (2003), trabajaron con biotipo británico, indican que cuando se manejan terneros a corral durante el invierno, se deben buscar ganancias de 750-800 g/d para luego obtener un buen comportamiento a pasto durante la primavera.

Como se puede observar a partir de los diferentes autores, ganancias en torno a 0,800 - 1 kg/día en terneros presentan eficiencia de conversión en torno a 5:1 - 6:1. Cuando se obtienen ganancias medias diarias más bajas (700 gramos), la eficiencia de conversión, según el experimento de Simeone y Beretta (2008) tiende a empeorar, tomando valores en torno a 7,6:1.

La relación entre ganancia diaria en el corral y eficiencia de conversión de conversión es clave a la hora de definir el mejor manejo.

2.2. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

La eficiencia de conversión (EC) se puede definir como la cantidad de alimento que debe consumir el animal por unidad de peso producido. Poniendo esta definición en la práctica, una eficiencia de conversión de 7:1, quiere decir que el animal necesita consumir 7 kg de alimento (base seca) para ganar 1 kg de peso vivo (Di Marco, 2006).

Con bajas asignaciones de alimento y por lo tanto consumo reducido, la eficiencia de conversión es mala, ya que el animal destina gran parte o toda la energía consumida al mantenimiento. A partir de cierto punto, el animal comienza a ganar peso, ya que cubrió sus requerimientos de mantenimiento (Di Marco 2006, García 2011). En este momento la eficiencia de conversión comienza a mejorar, incrementando de forma curvilínea, hasta llegar a un plateau (García, 2011), ya que los costos de mantenimiento se 'diluyen'. Esto genera que, si el consumo es reducido, la eficiencia de conversión será mala y si el consumo es alto, la eficiencia de conversión mejora, sin embargo, el máximo consumo no garantiza la máxima eficiencia (Di Marco, 2006).

La eficiencia de conversión es afectada por diversos factores, entre estos se encuentran los requerimientos de mantenimiento y producción, digestibilidad del alimento, aporte de nutrientes y cambios en la composición de la ganancia como se verá más adelante.

2.2.1. Requerimientos de energía para mantenimiento

Los requerimientos de mantenimiento incluyen tres vías por la que se gasta energía, estas son: actividades voluntarias, el metabolismo basal y la termorregulación (Cuartas et al., 2013).

2.2.1.1. Metabolismo basal

El gasto de energía de mantenimiento del metabolismo basal se divide en dos grupos: las funciones de servicio que representan un 35-50% de los gastos totales de metabolismo basal (incluye función renal, cardíaca, respiración, funciones nerviosas y de hígado) y las asociadas con el mantenimiento celular (síntesis de proteínas, lípidos y transporte de iones) 40 - 55% de los gastos totales de metabolismo basal (Baldwin et al., 1980).

El estrés calórico tiene un efecto negativo sobre el metabolismo basal (Castaño et al., 2014).

2.2.1.2. Actividad voluntaria

Dentro de la actividad voluntaria se incluyen todos los gastos de energía relacionados con el comportamiento: consumo de alimentos, locomoción, etc. (Cuartas et al., 2013).

2.2.1.3 Termorregulación

Cuando la temperatura ambiental excede la zona de termo-neutralidad, ya sea por frío o calor, el animal dispone de mecanismos para generar o disipar calor, provocando aumentos en los requerimientos de mantenimientos (García, 2007). Esta zona oscila entre 5-15 °C y 25-35 °C (Fernández Mayer, 1998).

La eficiencia productiva se favorece sobre suelos secos, bien drenados y en ambientes templados. La presencia de barro en los corrales, el viento y la lluvia incrementan los requerimientos energéticos de los animales (Pordomingo, 2003).

2.2.2. Requerimientos de energía para crecimiento

Ecuaciones de energía neta demuestran que cuanto mayor es el consumo de energía, se cubren los requerimientos de mantenimiento, destinando el sobrante a ganancia y mejorando la eficiencia (Anderson y O' Connor, 2012). Se requiere aproximadamente 4 veces más energía para mantener o incrementar tejido graso que para tejido muscular (Mc Donald et al., 2006). La síntesis de tejido adiposo demanda 12,5 Mcal/kg mientras que el tejido muscular 3,13 Mcal/kg (Di Marco, 1998). Consecuentemente, la energía neta necesaria por unidad de peso vivo ganada, depende de la composición tisular de la ganancia, la cual varía dependiendo de factores como el biotipo, la edad, sexo y nivel de alimentación, el cual incide directamente sobre la magnitud de la ganancia de peso.

2.2.2.1. Sexo

No hay diferencias en la eficiencia de conversión entre terneros y terneras, pero que sí la hay entre vaquillonas y novillos de igual edad (Pordomingo, 2013). Esto se debe a que la vaquillona se engrasa antes que el novillo. Por lo tanto, a una misma dieta y mismo nivel de oferta de alimento la vaquillona tendrá menores ganancias, pero con mayor deposición de grasa (García 2011, Pordomingo 2013).

2.2.2.2. Edad

Di Marco (1998) asegura que el animal cambia el tejido depositado según la etapa de crecimiento, siendo mayor la proporción de tejido muscular frente al tejido adiposo en sus primeras etapas de crecimiento, mientras que en la etapa de terminación, el tejido adiposo toma mayor relevancia frente al tejido muscular. En

función de ello, las categorías más jóvenes son las que presentan mejor eficiencia de conversión (García et al. 1998, Pordomingo 2013), es decir, para aumentar una unidad de peso se necesita menor cantidad de alimento que para categorías mayores (alimento cada 100 kg de peso vivo). La conversión para una misma oferta de energía metabolizable empeora a medida que aumenta el peso del animal y el nivel de engrasamiento (Pordomingo, 2013).

2.2.2.3. Biotipo

Animales de biotipo chico se adaptan mejor a los encierres cortos (90 días), que a encierre de mayor duración. Si se compran animales de distintos biotipos, al principio no se observan diferencias en la eficiencia de conversión, pero cuando se acerca el periodo de terminación si se aprecia una diferencia, ya que los de biotipo pequeño en esta etapa tienen un mayor contenido graso en la composición de la ganancia de peso y por lo tanto una menor eficiencia. Animales de biotipo más pequeños alcanzan el sobre-engrasamiento más rápido (Pordomingo, 2013).

2.2.2.4. Tasa de ganancia

La eficiencia de conversión del alimento resulta del cociente entre el consumo de materia seca y ganancia de peso vivo. Por lo tanto, cualquier modificación en esas variables puede cambiar el valor de la eficiencia de conversión.

Nivel nutricional: con relación a la variación en los tejidos depositados según la ganancia diaria se puede observar (Figura 1) que al aumentar la ganancia de peso cambia la composición del tejido que se deposita, siendo mayor la cantidad de grasa a medida que aumenta la ganancia diaria de peso, mientras que la proteína aumenta, pero disminuye porcentualmente. Cabe destacar que hace referencia a un animal joven ya que los adultos al alcanzar su peso máximo la deposición de proteína se hace nula (Sánchez, s.f.).

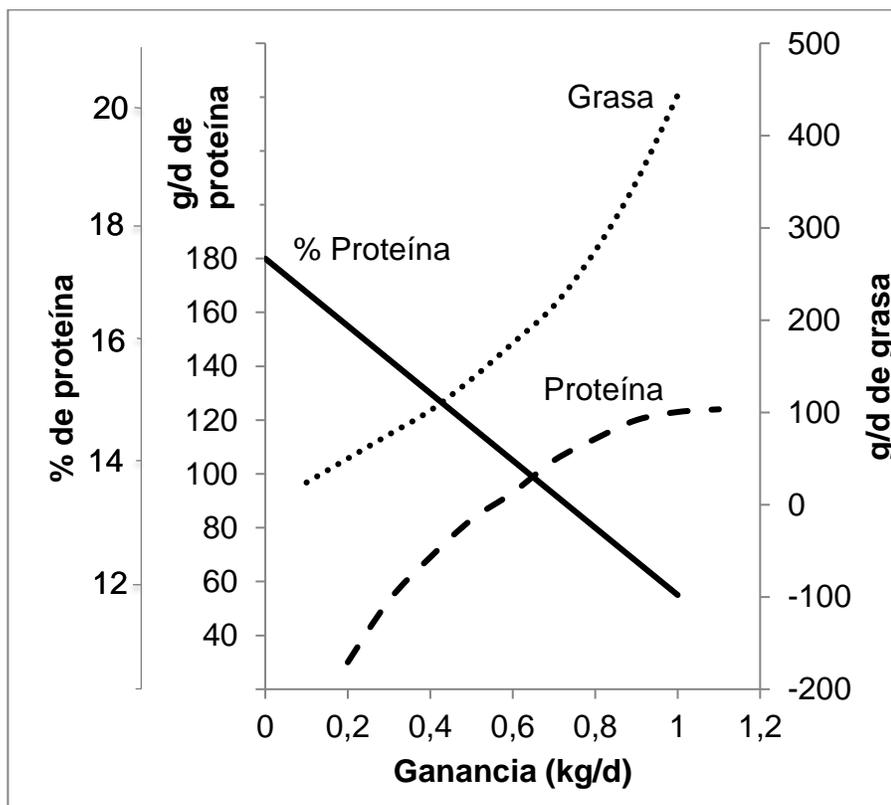


Figura 1. Cambios en la composición del tejido depositado según ganancia peso diaria

Fuente: Di Marco (1998).

2.2.3. Calidad de la dieta

Influye sobre la eficiencia de conversión a través de su efecto sobre la digestibilidad y la metabolibilidad (eficiencia de uso de la energía metabolizable (EM) para mantenimiento (km) y ganancia de peso (kg)).

La energía metabolizable consumida presenta dos destinos en el animal, una fracción se pierde como calor, mientras que otra parte es retenida, depositando tejidos. Cuanto más importante sea la fracción que se pierde como calor, menor eficiencia presentará el animal. Por lo tanto la eficiencia de conversión del individuo se verá afectada por cualquier factor que modifique el consumo de energía metabolizable, la producción de calor o la partición de energía retenida. En consecuencia, cuando el consumo de materia seca o la digestión se ven afectados, se afecta el consumo de energía metabolizable y por lo tanto la eficiencia (Di Marco, 2006).

Un alimento no tiene un valor fijo de energía neta ya que el mismo varía según la especie animal, el proceso productivo y la naturaleza del aporte de energía (Mc Donald et al., 2006). Motivo por el cual el estudio se realiza en energía metabolizable.

Los aspectos más importantes a tener en cuenta para valorar un alimento son: el valor de la energía metabolizable y la eficiencia de su utilización (k). La energía metabolizable se utiliza con una eficiencia de 0,7-0,8 para mantenimiento, mientras que para crecimiento oscila entre 0,4-0,6 variando según el tipo de alimento (Mc Donald et al., 2006).

La eficiencia de utilización de la energía metabolizable se calcula con la ingestión y retención de energía medida en MJ, así que, si un animal consume 10 MJ y retiene 7 MJ, la eficiencia de utilización de la energía metabolizable sería $10/7=0,7$; el incremento calórico sería $3/10=0,3$ (Di Marco, 1998).

La energía neta de un alimento resulta de la energía metabolizable menos el incremento calórico. Estos valores pueden cambiar por diferentes factores, uno de ellos es el tipo de alimento. Alimentos con mayor contenido de energía metabolizable, presentan normalmente mayores valores de k, ya que requieren menos gasto de energía para su digestión y metabolización. Forrajes de alta calidad pueden presentar valores de kg de 0,5; mientras que granos como maíz, cebada y avena valores 0,62; 0,60 y 0,61 respectivamente; la paja de trigo proporciona valores cercanos al 0,2 (Mc Donald et al., 2006).

Las razones por el cual puede variar el kg aún no están claras, algunos autores afirman que depende de la proporción de propiónico ($k=0,56$) y acético ($k=0,33-0,60$) en el resultado final de la digestión ruminal, ya que dietas ricas en almidón aportarían mayor proporción de propiónico mientras que dietas con alto contenido de forraje, mayor proporción de acético (Di Marco 1998, McDonald et al. 2006). McDonald et al. (2006) también afirman que el mayor consumo de grano reduce las pérdidas por metano, lo que implica mejoras en la eficiencia. Según Di Marco (1998) cuando se aumenta el contenido de fibra en la dieta, disminuye la concentración de la energía metabolizable provocando menores km y kg, lo cual se atribuye a la mayor producción de acético por parte de los alimentos fibrosos. En contradicción con ambos autores, Orskov (1986) no encontró diferencias en vacunos alimentados por infusión intragástrica de ácidos grasos volátiles con diferentes niveles de acético en la infusión.

Webster (1989) responsabiliza al trabajo de digestión y metabolismo como causantes del incremento calórico, mientras que Reynolds et al. (1991) afirman que no son suficientes para explicar las diferencias en eficiencia ya que las mismas dependen del peso y actividad metabólica de los diferentes tejidos.

2.2.4. Manejo de comedero

El objetivo de las prácticas de manejo del comedero como: la alimentación programada, distribución del alimento varias veces por día y mantener los horarios de suministro es para reducir la variabilidad en el consumo que se genera en la alimentación *ad libitum* (Schwartzkopf Genswein et al., 2003).

En general, se asocia los desórdenes metabólicos como la acidosis subclínica con grandes cambios diarios en el periodo de alimentación y consumo errático de alimento. Esto se basa en que, seguido a un período sin alimento, acceso libre a una dieta con alta cantidad de concentrado puede resultar en acidosis (Schwartzkopf Genswein et al., 2003).

Maximizar el consumo y que este se mantenga constante es parte clave del éxito del feedlot, para esto el manejo del comedero es fundamental. Brindar alimento más de una vez al día al ganado, genera aumentos en el entorno de 2-5% en el consumo y además se reducen problemas ruminales (Anderson y O' Connor, 2012).

Soto Navarro et al. (2000), trabajaron con 12 novillos (británico x continental) fistulados de 344 kg (± 26 kg) con una dieta 90:10 (concentrado voluminoso). Utilizaron 4 tratamientos, alimentando a los novillos una o dos veces por día y con cantidad de alimento constante (90% de *ad libitum*) o fluctuando 10% esta cantidad. Solo se analizaron los datos de los animales alimentados de forma constante, una o dos veces por día.

En general hubo una tendencia ($P=0.10$) de pH menores en novillos alimentados una vez por día; sin embargo, el pH ruminal más elevado de los novillos alimentados dos veces por día se correspondió con un descenso en la digestibilidad.

La relación acético:propiónico fue mayor a las 0, 3, 9, 12 y 24 hs luego de la comida de las 08:00 en los novillos alimentados dos veces por día, sin embargo, esta alta relación acético:propiónico podría bajar la performance animal ya que el acético tiene menor eficiencia que el propiónico.

2.3. DIFERENTES OFERTAS DE ALIMENTOS, ¿CONSUMO *AD LIBITUM* O RESTRINGIDO?

Simeone y Beretta (2018) encontraron que la eficiencia de conversión varía de acuerdo a distintas variables a lo largo de la vida del animal. En animales de más de un año la eficiencia de conversión está principalmente determinada por la ganancia de peso vivo; mientras que para terneros es el consumo la variable que modifica en mayor medida la eficiencia de conversión.

El consumo de energía influye directamente sobre la eficiencia de conversión. A medida que el consumo aumenta, los costos de mantenimiento del animal se ven diluidos, mejorando de esta manera la eficiencia de conversión, ya que se destina más energía a la deposición de tejidos. Cuando se alcanzan altos consumos la eficiencia de conversión comienza a disminuir, los motivos que pueden explicar esta pérdida de eficiencia son aumentos en los costos de mantenimiento, mayor rechazo en el comedero y una menor digestibilidad del alimento (Di Marco, 2006).

El máximo consumo no necesariamente asegura la mejor eficiencia (NRC, 1996).

2.3.1. Diferentes estrategias para manejar la oferta de alimento

El consumo *ad libitum* es una estrategia utilizada para la alimentación de ganado que consiste en proporcionar acceso continuo al alimento (Schwartzkopf Genswein et al., 2003). La mayor ventaja de este tipo de alimentación es que el animal dispone del alimento todo el tiempo, pudiendo acceder en el momento que él desea.

Existen diversas formas de controlar el consumo, las cuales se pueden dividir en dos grupos: alimentación restringida y alimentación programada. La primera incluye cualquier medio por el cual se limite la alimentación (Incluye limitar la ingesta máxima, alimentación plateau, restricción como % de *ad libitum*, restricción (%) anticipado de la ingesta, restricción en tiempo y adición de aditivos para inhibir la ingesta) Esta forma de control de consumo se aplica generalmente en corrales de terminación (Galyean, 1999).

La alimentación programada es un método por el cual se le proporciona al animal lo necesario para cubrir sus requerimientos de mantenimiento y la energía requerida para aumentar el valor buscado de ganancia de peso. Los requerimientos de energía se calculan a partir de ecuaciones de energía neta; este método se utiliza principalmente en animales en crecimiento (Galyean, 1999).

Ambos mecanismos tienen diversas ventajas, tales como evitar consumos excesivos, evitar variaciones en la ingesta, simplificar el manejo del comedero, y mejorar la eficiencia de conversión (Galyean, 1999).

2.3.2. Ad libitum

Di Marco (2006) sostiene que la menor eficiencia con consumos *ad libitum* se debe a un aumento en los costos de mantenimiento, leve disminución de la digestibilidad del alimento y aumento del rechazo.

Con altos niveles de consumo, se genera una alta retención de proteína y grasa corporal. Al mismo tiempo también aumenta la diferencia del peso de vísceras y órganos, lo cual trae como consecuencia aumento en los costos de mantenimiento (Di Marco, 1998).

Según McDonald et al. (2006) cuando se aumenta el consumo de un determinado alimento, aumenta su paso por el tracto digestivo, motivo por el cual el alimento está expuesto menor cantidad de tiempo, reduciendo así su digestibilidad.

A mayor consumo, aumenta la tasa de pasaje, bajando el tiempo de retención en rumen y disminuyendo la digestibilidad (NRC, 2001).

Bailey (1996) sostiene que los herbívoros tienen un comportamiento selectivo en la ingesta de sus alimentos. Teniendo en cuenta esto y principalmente con animales en confinamiento alimentados *ad libitum*, es esperable que estos tengan un comportamiento selectivo con preferencias a consumir un alimento más palatable (concentrado) frente a otro (voluminoso). Esto se podría dar en situaciones donde los ingredientes de la ración totalmente mezclada se encuentren separados presentando falta de homogeneidad en la dieta. Los alimentos menos palatables no serían consumidos en su totalidad, provocando rechazo.

Dietas con altas concentración de energía producen muy rápido y alta cantidad de ácidos grasos volátiles, lo cual implica una caída importante del pH ruminal y/o flujo sanguíneo. Si estas dietas son proporcionadas día a día, con una buena distribución de suministro de alimento en el correr del día (en el día se proporciona el alimento varias veces) y con consumos constantes, el ganado podrá adaptarse a estos niveles de ácido, manteniendo un rumen más saludable.

Sin embargo, si el consumo es variable, el animal podría ingerir grandes cantidades de alimento rápidamente provocando altos niveles de ácido, excediendo la capacidad buffer del rumen (Anderson y O' Connor, 2012).

Con pH más bajos además aumentar el riesgo de acidosis se produce más ácido láctico, el cual es menos eficiente como fuente de energía (Anderson y O' Connor, 2012).

En las etapas finales del engorde el grado de engrasamiento es elevado, por lo cual los consumos sin restricciones superan en tasa de aumento y engrasamiento a los de consumos restringidos (Rossi et al., 2000).

2.3.3. ¿La restricción mejora la eficiencia?

La alimentación restringida al 85 o 90% del consumo voluntario del animal mejora la eficiencia de conversión debido a que se obtienen aumentos de peso similares a los obtenidos en consumo *ad libitum* con menor cantidad de alimento (Galyean, 1999). Sainz, citado por Galyean (1999) concluyó que la restricción moderada del alimento (menos del 15% del consumo *ad libitum*) mejoró la eficiencia de conversión en aproximadamente un 0,6% por cada 1% de restricción.

En dietas altas en energía (70-90% grano), la restricción en un 10-15% del alimento en relación al consumo voluntario, se logran ganancias de peso similares a las del consumo *ad libitum*, lo que se ve mayormente reflejado en las primeras etapas del engorde (Hicks et al., 1996).

Dentro de los costos de mantenimientos se encuentran diferentes procesos, como turnover proteico, peso del tejido visceral y transporte de Na/K, los cuales según Di Marco (2006) tienen una alta demanda de ATP por lo cual, si estos procesos se intensifican (aumentan) por ejemplo por altos consumos, aumentaría aún más la demanda de ATP y en consecuencia mayor producción de calor, resultando en una pérdida de eficiencia.

Uno de los objetivos buscados con la restricción del alimento es mejorar la performance animal, ya que la misma reduce los problemas digestivos que surgen a partir de los sobre consumos (Schwartzkopf Genswein et al., 2003).

La frecuencia de alimentación de los animales influye en el ambiente ruminal de los mismos. Cuando se ofrecen dietas ricas en carbohidratos no estructurales una o dos veces al día se producen cambios en el ambiente ruminal (Guevara Garay et al., 2012).

Los beneficios de un consumo constante son menos obvios pero iguales de importantes. Reducir las variaciones en consumo día a día, resultará en una mínima variación del pH ruminal. Como resultado la salud del rumen a largo plazo será mejorada (Anderson y O' Connor, 2012).

Las condiciones de pH normal se encuentran por encima de 6.0; el mantenimiento de las mismas depende del equilibrio entre la cantidad de ácido que se produce (dependiente de la tasa de fermentación, cantidad ingerida y digestibilidad ruminal) y la cantidad que se elimina (dependiente de la capacidad de absorción del compuesto final, cantidad y calidad de fibra y capacidad tampón de

los alimentos). Cambios bruscos en el pH provocan una disminución de la digestibilidad del alimento y oscilaciones en la ingesta del mismo (Calsamiglia y Ferret, 2002).

Según Guevara Garay et al. (2012), aumentar la frecuencia de alimentación tiende a disminuir las variaciones del pH del rumen. Esto es debido a que disminuye la fluctuación en el consumo diario, lo que provoca una fermentación ruminal más estable, disminuyendo así el riesgo de acidosis (Equipo Beef Point, 2007).

Un consumo de alta frecuencia, pero en cantidades bajas (baja intensidad) permite estabilizar el pH ruminal en niveles superiores a 6 y eliminar los efectos nocivos de la caída del pH por consumo de gran cantidad de alimento en ofertas menos frecuentes (Kaufmann 1976, Kaufmann et al. 1980).

Por último, se puede afirmar que restringir la alimentación acarrea inconvenientes prácticos en corrales comerciales debido a la cantidad de animales que se encuentran por corral y la variabilidad asociada al peso y tamaño de frame. Lo cual genera, si bien se puede estimar correctamente la alimentación a proporcionar para el promedio de los animales, que exista consumo por encima o por debajo del buscado. Esto genera variación de ganancia entre animales, mayor propensión a desórdenes metabólicos y quizás más patrones de consumo errático que cuando el ganado es alimentado *ad libitum* (Galyean, 1999).

Si el consumo de alimento es demasiado restringido (por error en el estimado) o la ganancia programada está por debajo del potencial, se puede no alcanzar en el tiempo estimado el peso o calidad potencial de la carcasa, disminuyendo el retorno económico de la venta de las carcasas o aumentando el tiempo de corral necesario para alcanzar el potencial (Galyean, 1999).

2.3.4. Resultados experimentales

En este ítem se describen diferentes experimentos donde se estudiaron entre otras variables la ganancia media diaria y eficiencia de conversión, según diferentes ofertas de alimentos y con raciones ricas en granos. Estos trabajos son: o de origen estadounidense (país que investiga estos temas hace una importante cantidad de tiempo) o realizados en la región.

Se utilizaron investigaciones con animales de pesos, edades, tipo racial y tipo de dieta similares. En algunos casos se incluyó experimentos con animales pesados debido a que fue con ellos donde comenzaron los estudios de consumos *ad libitum* vs. restringido.

Cuadro 1. Consumo (PV%), ganancia media diaria, eficiencia de conversión según diferentes ofertas de alimento y calidad de dieta

A.	Categoría	T.D (%c)	Tratamientos Oferta de alimento (% en relación <i>ad libitum</i>)	Variable de respuesta		
				C. (%PV)	GMD	EC
1	Terberos 190 ± 30 kg	50%	T1: 100%	3	1,18 a	6,2 a
			T2: 85%	2,5	1,00 b	5,9 a
			T3: 70%	2	0,73 c	6,2 a
2	Terbero 174 kg	58%	T1: 100%	2,81 a	1,29 a	5,33 a
			T2: 85%	2,33 b	1,06 b	5,14 ab
			T3: 85%	2,38 b	1,07 b	5,03 b
			T4: 85%	2,39b	1,01 b	5,30 ab
3	Novillos 250 kg	70%	T:1	1,6	0,488	8,55
			T:2	1,8	0,584	8,79
			T:3	2	0,718	8,79
			T:4	2,2	0,726	8,77
			T:5	2,4	0,786	8,65
			T:6	2,6	0,861	7,92
			T:7	2,8	0,939	8,63
			T:8	3	1,049	9
4	Vaquillonas 220 kg	75%	T1: 100%	S/D	0,776	6,68
			T2: 70%	S/D	0,692	6,37
5	Novillos 246 kg	13%	T1: 100%	S/D	0,88	6,69 d
		40%	T2: 80%	S/D	0,78	6,09 d
		80%	T3:70%	S/D	0,88	4,65 e
6	Novillos	70%	T1: 100%	S/D	1,62	5,41
			T2:90%	S/D	1,7	4,66
7	Novillos 350 kg	85%	T1: 100%	2,5	1,55 a	5,66 a
			T2:96%	2,4	1,51 b	5,54 b
			T3:92%	2,3	1,46 c	5,53 b

A.= Autor, Ter.= Terbero, No.= Novillos, Va.= Vaquillona, Novi.= Novillito, T.D (%c) = Tipo de Dieta (% de concentrado), C.= Consumo, GMD= Ganancia media diaria, EC= Eficiencia de conversión.

Autores: 1. Ceconi et al. (2008) 2. Albornoz et al. (2009) 3. Pordomingo et al. (2010) 4. García y Ravera (2014) 5. Lorech y Fluharty (1998) 6. Rossi et al. (2000) 7. Plegge (1986).

Ceconi et al. (2008), Albornoz et al. (2009), García y Ravera (2014) obtuvieron por separado que cuando se restringe la oferta de alimento la eficiencia de conversión no se ve modificada, mientras que sí lo hace la ganancia media diaria (Cuadro 1).

Pordomingo et al. (2010), realizaron un experimento con un amplio número de tratamientos, y encontró que para la ganancia media diaria no hubo diferencias significativas entre los tratamientos 2% al 2,8% (%del peso vivo ofrecido en alimento). El tratamiento con una asignación del 3% del peso vivo obtuvo la mayor ganancia asociada al mayor consumo y los tratamientos 1,6 y 1,8 % del peso vivo las menores ganancias debido al menor consumo. En cuanto a la eficiencia de conversión, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1,8 al 3, pero si para tratamiento 1,6 donde se obtuvo la peor eficiencia, lo cual se atribuyó a que gran parte de la energía total fue destinada a mantenimiento.

Lorech y Fluharty (1998), obtuvieron misma ganancia diaria para los diferentes tratamientos, mientras que la eficiencia mostró mejores valores con menores consumos. Habría que realizar un análisis más detallado ya que la calidad de la dieta podría estar teniendo un peso importante en los resultados.

Plegge (1986), Rossi et al. (2000), trabajaron en diferentes estudios, afirman que al variar la oferta de alimento la eficiencia de conversión mejoró. Respecto a la ganancia media diaria, Plegge (1986) encontró que la misma disminuyó al reducir la oferta de alimento, debido a esto la reducción de la ganancia media diaria estuvo justificada por un menor consumo. Rossi et al. (2000) no encontraron diferencias en la ganancia media diaria.

2.4. HIPÓTESIS

Considerando los antecedentes se plantean las siguientes hipótesis.

Es posible manipular la curva de crecimiento animal en el corral a través del manejo de la oferta de alimento.

En raciones concentradas, la restricción de la oferta de alimento con relación al suministro *ad libitum* mejora la eficiencia de conversión del alimento sin afectar significativamente las ganancias. Esta respuesta depende de la magnitud de la restricción.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. PERIODO, ÁREA EXPERIMENTAL E INFRAESTRUCTURA

El experimento se llevó a cabo en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC), Facultad de Agronomía, Universidad de la República, ubicada en el litoral Oeste del Uruguay en el departamento de Paysandú; a 32°20'9" de latitud Sur, y 58°2'9" de longitud Oeste. Fue realizado entre el 2 de junio y el 18 de setiembre del año 2018.

Fueron utilizados 32 corrales individuales, semi techados, de 2 metros de ancho con 5 metros de largo, los cuales contaban cada uno con un comedero y bebedero individual. Estos corrales se hallaban próximos a las instalaciones de mangas y balanza para ganado. Para el peso de la ración a ser distribuida en cada corral se utilizaron balanzas manuales pequeñas con una capacidad de 50 kg.

Uruguay cuenta con un clima templado, con una temperatura media anual para el departamento de Paysandú de 17,9°C y precipitaciones medias anuales de 1218 mm (MDN. DNM, s.f.). En el Cuadro 2 se muestran las variables climáticas respectivas a los meses que comprenden el período experimental en la localidad de Paysandú.

Cuadro 2. Registros de temperatura y precipitaciones para los meses en estudio

	Temperatura (°C)			Precipitaciones (mm)
	Mínima	Máxima	Promedio	
Junio	0,2	23,1	10,2	11,4
Julio	-0,4	23	10,14	106,6
Agosto	0,4	25,6	11,12	104,8
Setiembre	7,8	30,6	17,06	95,4

Fuente: FA. EEMAC¹

3.2. ALIMENTOS

Fue utilizada una ración totalmente mezclada (RTM) compuesta por ración comercial "terneros 1", proveniente de la Cooperativa Agraria de Paysandú COPAGRAN (70%, base seca) y fardo de moha picado (30%, base seca). En el Cuadro 3 se presenta la composición química de dichos ingredientes y de la RTM.

Cuadro 3. Composición química de los ingredientes de la dieta 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

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

3.3. ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Se trabajó con 32 terneras Hereford, nacidas en la primavera de 2017 y destetadas precozmente en diciembre de ese año. El peso promedio de las mismas al inicio del experimento fue de $146,7 \pm 24,3$ kg.

Las 32 terneras fueron sorteadas a cuatro tratamientos definidos por niveles crecientes de restricción en la oferta del alimento con relación al nivel *ad libitum* (0; 10, 20 o 30%) lo cual representó una oferta diaria al inicio del período experimental de 3,2, 2,9, 2,5, y 2,2 kg de materia seca cada 100 kg de PV, respectivamente, y fue en función de estos niveles que se asignó el alimento durante el periodo experimental.

Las terneras fueron alimentadas en los corrales individuales, de forma que cada tratamiento quedó constituido por 8 repeticiones.

¹ Facultad de Agronomía. Estación Experimental "Mario A. Cassinoni". 2018. Variables climatológicas (sin publicar)

3.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.4.1. Período pre-experimental

El periodo experimental fue precedido por un pre-experimental de 17 días, comenzando el 2 de junio y culminando el 18 de junio. En esta etapa los animales fueron introducidos gradualmente a la dieta experimental y se acostumbraron a las instalaciones. Durante este periodo la RTM se suministró dos veces al día, por la mañana (8:00) y por la tarde (15:30).

En el comienzo de la etapa de acostumbramiento se separaron los animales en dos grupos, por un lado, los tratamientos 3,2 y 2,9 y por el otro los tratamientos 2,5 y 2,2; proporcionándose fardo *ad libitum*. En el correr de los días se separaron en grupos más pequeños, primero de 8 animales, luego de 4, 2 y por último se estabularon individualmente.

A partir del segundo día se empezó a suministrar ración comercial, aumentando gradualmente cada día, y disminuyendo la proporción de fardo hasta llegar a una proporción de 30% voluminoso y 70% concentrado, con la totalidad de los animales *ad libitum*. Al finalizar este periodo los animales fueron pesados considerando este como el peso vivo de inicio.

El agua siempre estuvo a disposición para los animales.

3.4.2. Período experimental

Durante el periodo experimental, la RTM fue suministrada 3 veces al día, a las 8 de la mañana, a las 12 y a las 16 horas. La oferta de alimento se ajustó de acuerdo al peso vivo de cada ternera. El cual se obtenía cada 14 días cuando se pesaba a las mismas.

Con el registro de peso vivo y teniendo en cuenta la asignación de alimento de cada tratamiento, se calculaba la cantidad de alimento que correspondía para cada animal, dicho valor permanecía igual hasta el próximo registro de peso.

El agua siempre estuvo a disposición de los animales.

3.5. REGISTROS Y MEDICIONES

3.5.1. Peso vivo y altura

El peso fue registrado cada 14 días, sin ayuno, siempre por la mañana, previo a la primera comida. Además de pesar los animales se tomaron registros

tanto al comienzo como al final del experimento tomando medidas de la altura del anca de cada ternera.

3.5.2. Consumo de materia seca

El consumo fue estimado diariamente como la diferencia en base seca entre la oferta y el rechazo. Todos los días de mañana antes de suministrar la primera comida se pesó el rechazo presente en el comedero, el cual luego era descartado.

Se tomaron muestras semanales de fardo y ración comercial, se las secó en estufa durante 48 horas para determinar el % de materia seca que luego fueron conservadas para su posterior análisis químico.

La digestibilidad in vivo de la materia seca (DMS) y de la materia orgánica (DMO) se calculó utilizando como marcador interno la concentración de cenizas insolubles en ácido en heces y alimentos (Rodríguez et al., 2007).

Las semanas 4, 7 y 11 se tomaron muestras de heces de cada animal, durante tres días consecutivos (250 gramos aproximadamente) variando cada día el horario de muestreo de forma de cubrir la variación diaria en la excreción (primer día en la mañana, el siguiente al mediodía y por último en la tarde). También en estas semanas se tomaron muestras de alimento de cada animal, durante tres días consecutivos comenzando un día antes de la colección de heces con el fin de coincidir con el alimento consumido con las heces excretadas.

Las muestras de heces (32 muestras frescas por día), se recolectaron del suelo a medida que las terneras excretaron, fueron llevadas al laboratorio con la identificación del día y el número de caravana y conservadas en heladera, el tercer día (a partir de 96 muestras) se realizó una muestra compuesta para cada ternera, y se congelaron para su conservación. Al finalizar el periodo experimental las muestras fueron descongeladas y secadas en la estufa de aire forzado, 60°C hasta peso constante, molidas 1 mm y conservadas para posterior análisis químicos.

3.6. VARIABLES CALCULADAS

3.6.1. Eficiencia de conversión

La eficiencia se estimó como el cociente entre el consumo promedio y la ganancia media diaria promedio para el periodo experimental.

3.6.2. Coeficiente de digestibilidad aparente de la MS y de la MO

El método de estimación de la digestibilidad es indirecto mediante el uso de un marcador interno (es decir que no se dosifica, sino que ya está presente en el

alimento y es indigestible). Se utilizó como marcador la concentración de cenizas insolubles en ácido.

$$\text{DMS} = [1 - (\text{CM Ali} / \text{CM H})] * 100$$

CM Ali: concentración del marcador en el alimento.

CM H: concentración del marcador en heces.

$$\text{DMO} = [100 * (y - x) + xD] / y$$

y: porcentaje de materia orgánica del alimento.

x: porcentaje de materia orgánica presente en heces.

D: digestibilidad de la materia seca.

3.6.3. Aporte de fibra efectiva

Para calcular el aporte de fibra efectiva en las semanas 4, 7 y 11, se utilizó el separador de partículas Penn State (Heinrichs y Jones, 2016). El cual está compuesto por tres zarandas con diferente tamaño de orificio (19, 8 y 1,18 mm) y una bandeja. Estos se agrupan de manera vertical desde la zaranda de mayor tamaño hasta la bandeja. La cantidad de alimento que queda retenido en las tres zarandas, es sumado y esto representa el aporte de fibra efectiva de la dieta.

Esta determinación fue realizada sobre muestras de concentrado, fardo de moha y RTM, tomadas en el primer día de cada semana.

3.7. ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis químicos sobre muestras compuestas por semana de los ingredientes de la RTM se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal perteneciente al departamento de Producción Animal y Pasturas en la Facultad de Agronomía, Montevideo.

Se determinó el contenido de MS, cenizas, cenizas insolubles en ácido (CI), proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y extracto etéreo. En las heces, sobre muestras compuestas por animal y semana, se determinó la concentración de materia seca, cenizas y cenizas insolubles.

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

La proteína cruda se cuantificó mediante la técnica de Kjeldahl, la cual determina el contenido total de nitrógeno del alimento. El nitrógeno cuantificado se multiplica por el factor 6.25, debido a que se toma en consideración que todo el nitrógeno del alimento está en forma de proteína, y que estas contienen 16% de nitrógeno (Marichal et al., 2014).

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

La FDAmo (fibra detergente ácido corregido por cenizas) y la aFDNmo (fibra detergente neutro con amilasa corregido por ceniza) 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).

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico SAS, variando el procedimiento utilizado según la variable a analizar. En este experimento, la ternera fue la unidad experimental, en un diseño de parcelas al azar.

El procedimiento GLM fue utilizado para las siguientes variables: altura inicial y final, digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica, consumo de la materia seca digestible (kg), eficiencia de conversión, eficiencia de conversión de la materia seca digestible y peso vivo (por semana para poder evaluar la evolución de peso vivo). Se utilizó el siguiente modelo lineal general:

$$Y_{ij} = \mu + \zeta_j + \epsilon_{ij}$$

Y_{ijk} = representa a las variables de respuesta (altura inicial, altura final, digestibilidad de la materia seca, digestibilidad de la materia orgánica, consumo de la materia seca digestible (kg), eficiencia de conversión, eficiencia de conversión de la materia seca digestible y peso vivo (por semana para poder evaluar la evolución de peso vivo)).

μ = media.

T_i = efecto del i-ésimo nivel de oferta de alimento (2,2%PV; 2,5%PV; 2,9%PV y 3,2%PV).

ϵ_{ij} = error experimental.

Para analizar el rechazo y el consumo (% de peso vivo) se utilizó el siguiente modelo general del procedimiento MIXED:

$$Y_{ijklm} = \mu + \zeta_j + \varepsilon_{jk} + S_1 + (\zeta S)_{jl} + \sigma_{ijklm}$$

donde,

Y_{ijklm} : consumo de materia seca, rechazo y alimento ofrecido.

μ : media general.

ζ_j : efecto del j-ésimo tratamiento (1, 2, 3, 4).

S: efecto de la S-ésima semana (1,2...,13).

ε_{jk} : error experimental.

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

La ganancia media diaria también fue analizada con el procedimiento MIXED, con el siguiente modelo general:

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

Dónde,

Y_{ijklm} : peso vivo.

β_0 : intercepto.

ζ_j : efecto del j-ésimo tratamiento (1, 2, 3, 4).

ε_{jk} : error experimental.

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

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

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

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

Cuando existió un efecto significativo del tratamiento en alguna de las variables estudiadas, se analizó si el efecto de este era lineal o cuadrático (asociado a la oferta de alimento). Para poder afirmar si la variable se ajustaba a alguno de

estos dos modelos o si existió significancia se observó la probabilidad de error Tipo I, cuando esta era menor al 5%. Cuando la misma fue entre 5% y 10% se consideró una tendencia.

4. RESULTADOS

4.1. CONSUMO Y RECHAZO

El consumo de materia seca expresado en kg/día o cada 100 kg de peso vivo, así como el rechazo diario, expresado como porcentaje del alimento ofrecido, fueron significativamente afectados por el tratamiento (T, $P < 0,0001$), la semana (S, $P < 0,0001$), la interacción tratamiento por semana (TxS, $P < 0,0001$), el día (D, $P < 0,0001$) y la interacción tratamiento por día (TxD, $P < 0,0001$; $P = 0,004$ rechazo y consumo respectivamente). Las medias ajustadas por tratamiento se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Efecto del nivel de oferta de alimento sobre el consumo (CMS) y rechazo diario

	Oferta de MS alimento (%PV)				EE	P-Valor Contraste	
	2.2	2.5	2.9	3.2		L	C
Ofrecido (kg)	4,24	4,75	5,96	6,9	0.29	-	-
CMS (kg)	4,22	4,75	5,91	6,57	0.29	<0,01	0.80
CMS (%PV)	2,14	2,45	2,76	2,95	0.02	<0,01	0.0010

Medias ajustadas por tratamiento, promedio periodo experimental.

EE= Error estándar, L= efecto lineal, C= efecto cuadrático.

El único tratamiento que presentó rechazo significativo fue el 3.2 (Figura 2). Esto fue lo buscado ya que este tratamiento es el único *ad libitum*. En este tipo de tratamiento la oferta de alimento es un 10% más de lo consumido (Ruiz y Ruiz, 1990); en el caso del experimento, el rechazo fue un 5% de lo ofrecido, representando 330 gramos de alimento (Figura 2). Los tratamientos restantes, son restringidos, ya que no presentan rechazo, siendo 68,8%, 78,2% y 90,6% de *ad libitum* los tratamientos 2,2%; 2,5% y 2,9% de peso vivo ofrecido respectivamente.

El consumo medido en porcentaje de peso vivo presentó un efecto cuadrático, mientras que el consumo expresado en kg/día presentó un efecto lineal (Cuadro 4).

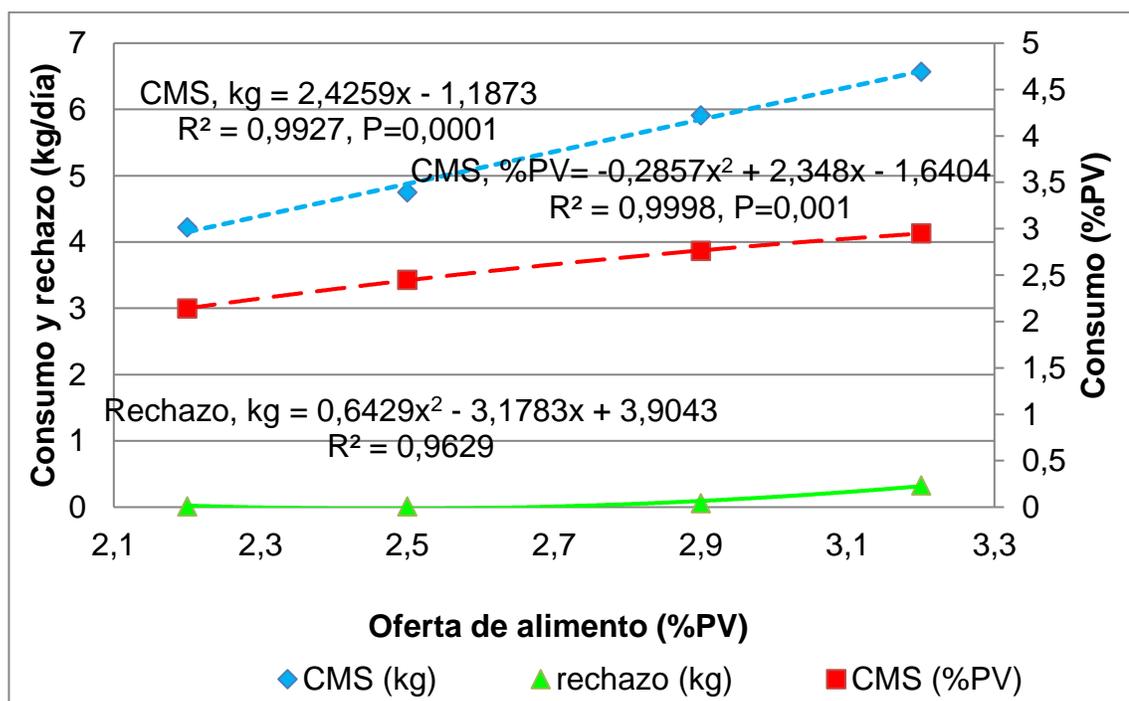


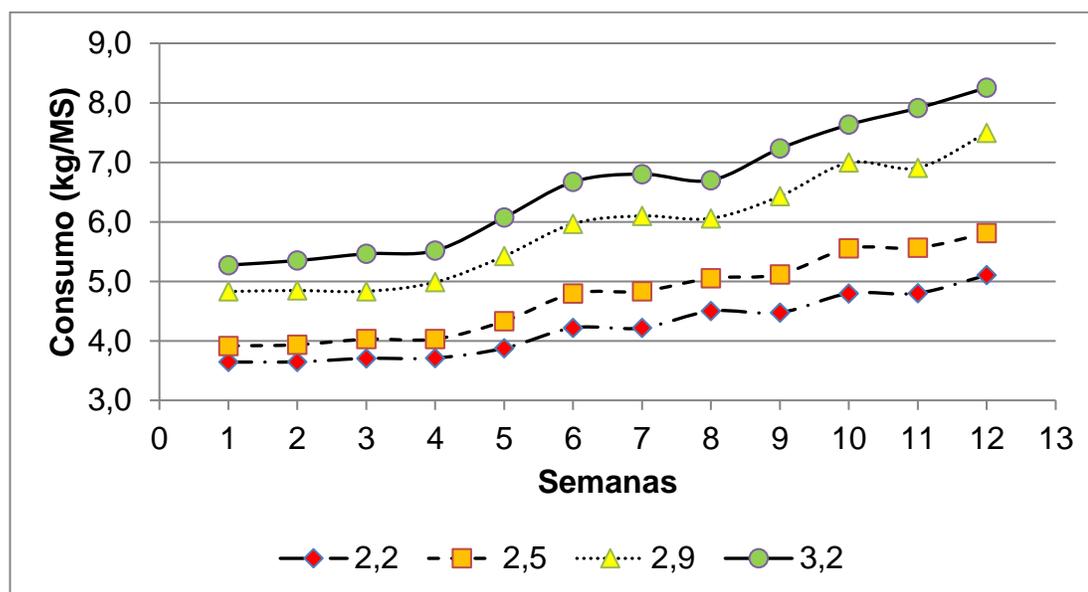
Figura 2. Efecto de la oferta de alimento sobre el consumo expresado como kg/día y como porcentaje cada 100 kg de peso vivo y el rechazo (kg/día)

Para la variable consumo de materia seca, se esperaba encontrar una respuesta lineal ya que, al aumentar la oferta de alimento, también aumenta las probabilidades que los animales obtengan un mayor consumo individual de materia seca (Mac Loughlin s.f., Pordomingo et al. 2010).

Según Di Marco (2006), las asignaciones bajas de oferta de alimento, se correlacionan con consumos bajos de materia seca.

En relación al consumo como porcentaje del peso vivo, también se lograron los resultados que se esperaban, ya que los animales más pesados obtuvieron los mayores consumos. La razón por la cual existe una respuesta cuadrática, es debido a que los animales a medida que aumentan de peso el consumo representa menor proporción del peso total. Mientras que terneros de 200 kilos muestran consumos *ad libitum* cercanos al 3% del peso vivo, los animales de 300 kilos lo hacen con 2,6 a 2,8 % peso vivo en dietas de alta calidad (Pordomingo, 2013).

El consumo de cada tratamiento aumentó con la semana experimental, acompañando la evolución de peso vivo (Figura 3) mostrando diferente respuesta asociada probablemente al efecto de tratamientos sobre la tasa ganancia de peso.



Abreviaturas: T=tratamiento, MS=materia seca

Figura 3. Efecto de los distintos niveles de oferta de alimento sobre el consumo (kgMS/a/d) en el período experimental (medido en semanas)

La variación en el consumo diario entre días dentro de una misma semana para los diferentes tratamientos se muestra en la Figura 4. Los tratamientos 2,2 y 2,5, los más restringidos, presentaron consumos diarios más estables, debido a que estos animales, al suministrárseles menor cantidad de alimento consumían toda la comida proporcionada.

Los tratamientos menos restringidos, 2,9 y 3,2, presentaron un consumo menos estable. Para analizar este resultado convendría tener el consumo por animal por día, no el promedio del tratamiento, ya que podría haber existido efecto montaña rusa, el cual indica que la ingesta de alimento de un día afecta la del día siguiente. Un día el animal come gran cantidad de alimento, esto le genera malestar debido a que la ingesta afecta el pH del rumen, generando acidosis, por lo tanto, el siguiente día, el consumo se ve disminuido, así sucesivamente (Anderson y O' Connor, 2012). La acidosis dentro del corral es difícil de detectar a nivel comercial ya que cada corral está compuesto por 200 animales aproximadamente, según Estrada (2010), todos los animales del corral tienen por lo menos una vez acidosis subaguda.

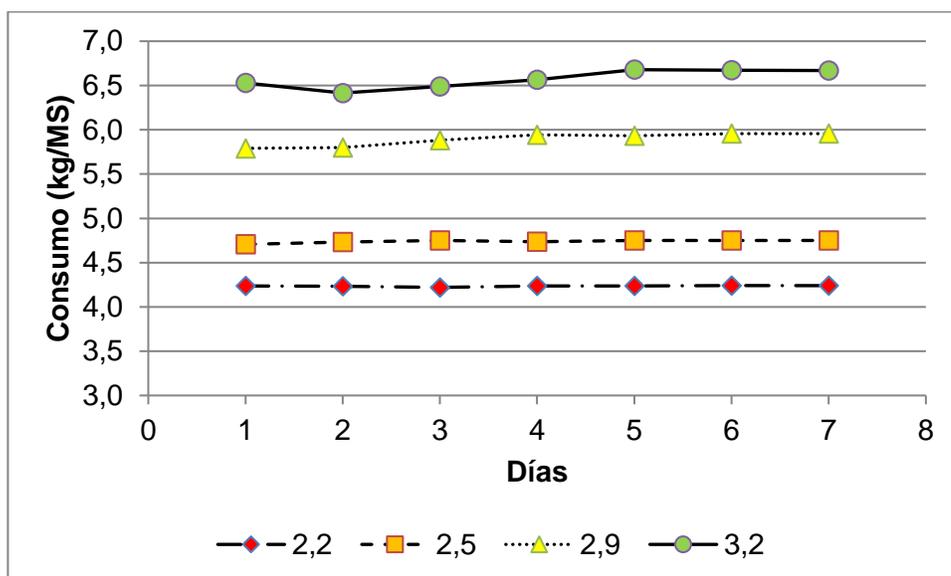


Figura 4. Efecto día dentro de la semana sobre el consumo por tratamiento

4.2. DIGESTIBILIDAD Y CONSUMO DE MS DIGESTIBLE

La DMS y de la materia orgánica (DMO) tendió a variar en forma cuadrática con el nivel de oferta de alimento ($P < 0.10$, Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto del nivel de oferta de alimento sobre la digestibilidad de la materia seca (DMS), orgánica (DMO) y consumo de materia seca digestible (CMSD)

	Oferta de MS alimento (%PV)				EE	P-valor	Efecto	
	2.2	2.5	2.9	3.2				T
DMS (%)	84,5	80,4	82,9	82,9	3,39	0,065	0,585	0,055
DMO (%)	86,8	82,8	85,3	85,3	3,42	0,073	0,628	0,062
CMSD (kg/d)	3,4	3,9	4,8	5,3	0,27	0,001	<0,00 01	0,955

EE= Error estándar, T= Tratamiento, L= Efecto lineal, C= Efecto cuadrático

La digestibilidad de la materia seca mostró un mínimo en una oferta de alimento de 2,73 %PV, la cual correspondió a una digestibilidad de la materia seca de 81,25 %; asimismo, la digestibilidad de la materia seca digestible tuvo un mínimo en la oferta de alimento de 2,72, la cual correspondió a una digestibilidad de la materia orgánica de 83,66%. Las ecuaciones de ambas variables se muestran en la Figura 5.

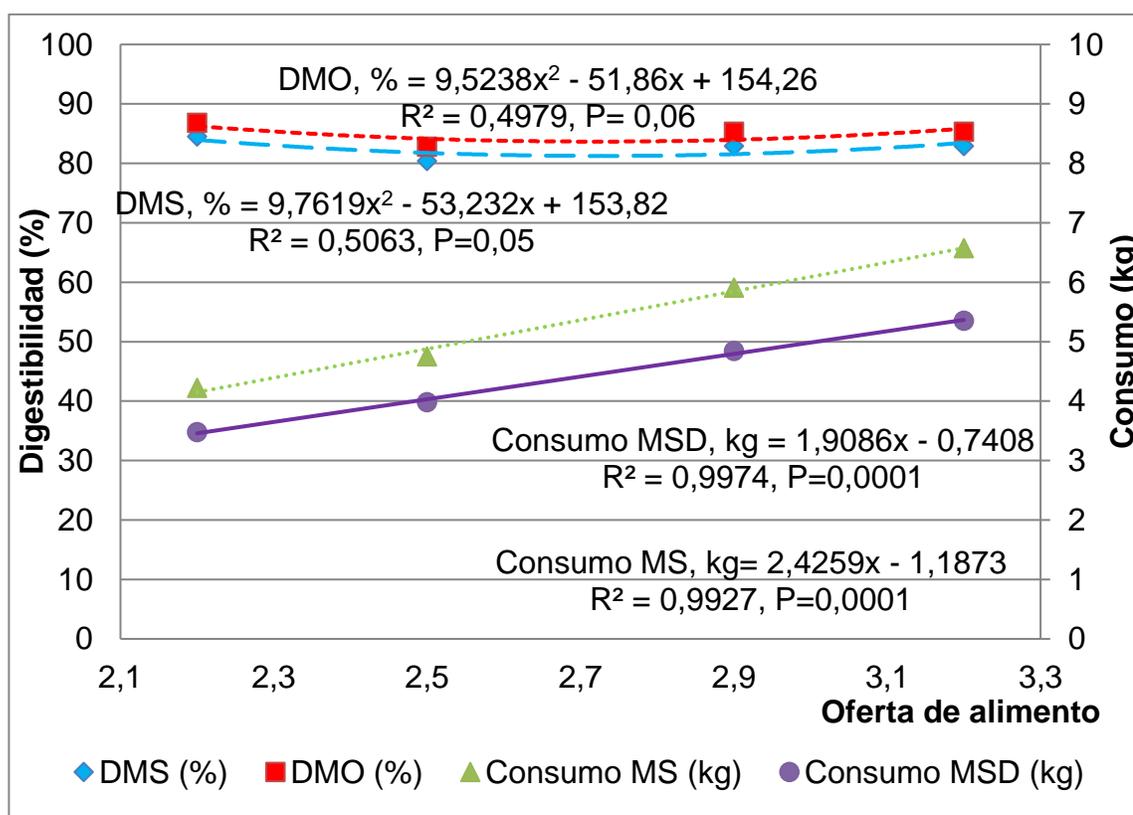


Figura 5. Efecto del nivel de oferta de alimento sobre la digestibilidad de la materia orgánica y materia seca (%) y el consumo de materia seca y materia seca digestible (kg)

En el experimento la respuesta de la digestibilidad tiende a ser cuadrática, con un mínimo en 2.7%. Esto quiere decir, que, cuando la oferta aumentó desde la restricción 2.2% (el tratamiento más restringido) hasta el 2.7%, la digestibilidad disminuyó, y esto coincide con un aumento lineal en el CMS (kg/d, Cuadro 4). La respuesta observada en este intervalo de ofertas y consumos, coincide con NRC (2001), donde se indica que a medida que aumenta el consumo, existe un aumento

en la tasa de pasaje del alimento, menor tiempo de retención en rumen y por lo tanto una menor digestibilidad.

Russell y Gahr (2000) detectaron diferencias individuales en el ganado cuando estudiaron mecanismos como la digestión y absorción ruminal, el tiempo de retención, comportamiento alimenticio y concluyeron que dichos factores podrían contribuir a la variación individual en la digestibilidad de la dieta.

El aumento predicho en la DMS por encima de una oferta de alimento del 2.7%, podría estar explicado por un efecto de selección en el comedero en contra del heno del moha (los rechazos que fueron significativos solo en tratamiento 3.2%, *ad libitum*), que mejorarían la relación de competencia que existe entre la tasa de digestión y la tasa de pasaje en su efecto sobre la digestibilidad (Allen y Mertens, 1988).

La variación observada en términos absolutos en la DMS fue baja, la digestibilidad disminuyó 3.3 unidades porcentuales entre la oferta de alimento 2.2 y 2.7%PV. Desde una oferta de 2.7%PV hasta *ad libitum* la digestibilidad incrementó 1.6 unidades porcentuales, siendo la digestibilidad para el tratamiento 3.2 de 82.9.

La respuesta observada en el consumo de materia seca digestible, acompañó al consumo de materia seca con una respuesta lineal a medida que aumentó la oferta de alimento ($P < .0001$).

4.3. EVOLUCIÓN DE PESO VIVO Y ALTURA

El peso vivo animal (Cuadro 6) fue afectado en todo el período estudiado por el peso vivo inicial (PVi, $P < .0001$), por los días (D, $P < .0001$) y por la interacción días x tratamiento (DxT, $P < .0001$), observándose un incremento lineal en la la tasa de ganancia media diaria conforme se incrementó el nivel de oferta de alimento (Cuadro 6), y un aumento cuadrático en el peso y altura final, a la salida del corral.

En la Figura 6 se presenta la evolución de peso vivo por tratamiento, presentando una respuesta lineal.

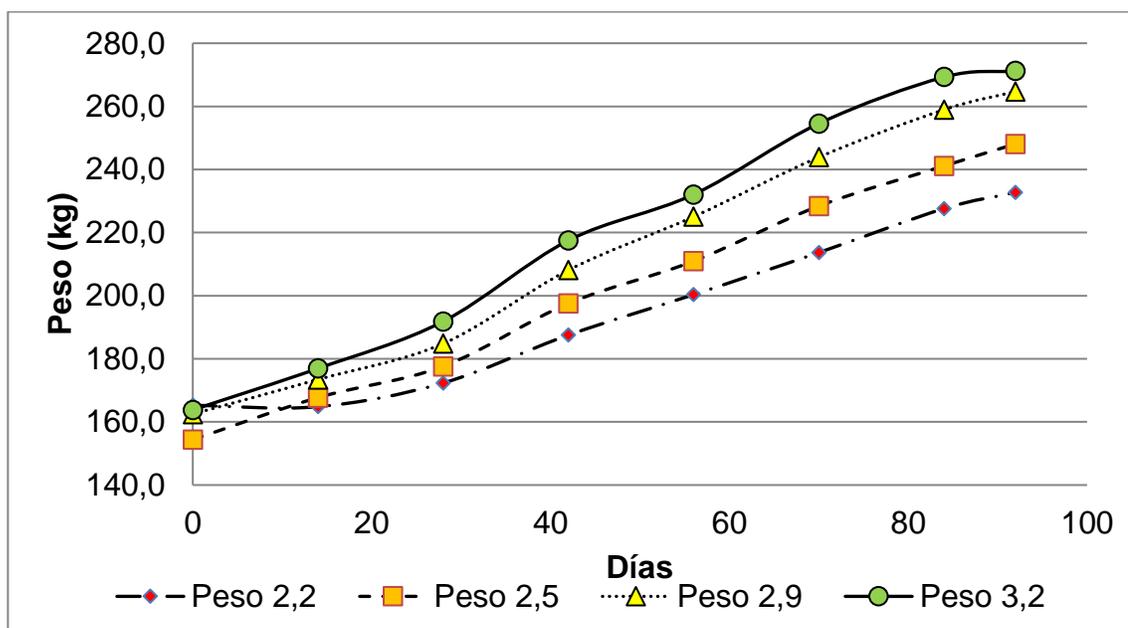


Figura 6. Efecto de los distintos niveles de alimento ofrecido sobre la evolución del peso vivo en todo el periodo (medido en días)

Con respecto a la altura, esta fue influida por la altura inicial de los animales (PVi, $P < 0.0001$) y por el tratamiento (T, $P = 0.0022$). El efecto de esta última variable fue lineal ($P = 0.0003$; $y = 5,431x + 97,411$).

Cuadro 6. Efecto de las diferentes ofertas de alimento sobre el peso vivo final, altura y ganancia media diaria

	Oferta de MS alimento (%PV)				EE	P-valor	Efecto		
	2.2	2.5	2.9	3.2			T	L	C
PV inicial (kg)	165.2	154.3	162.5	163.8	-	-	-	-	
PV final (kg)	232.7	248	264.7	271.2	0.20	<.0001	<.0001	0.1756	
Altura (cm)	108.9	111.5	111.6	115.3	0.15	0.0022	0.0003	0.6052	

GMD									
(kg/d/a)	0.807	0.956	1.158	1.245	0.04	0.8363	<.0001	0.3905	

PV= Peso vivo, EE= Error estándar, GMD= Ganancia media diaria.

Los resultados obtenidos en este trabajo fueron los esperados. Los animales con mayor oferta de alimento, generaron los mayores aumentos de pesos y por lo tanto mayores pesos finales. Esto coincide con Pordomingo (2010) quien trabajando con 96 novillitos Angus y diferentes ofertas de alimento (1,6-3,0% PV) registró una relación lineal entre el alimento ofrecido y el aumento de peso.

Ceconi et al. (2008), trabajando con distintos niveles de restricción (*ad libitum*, 85% de *ad libitum* y 70% de *ad libitum*) en terneros, pero con una dieta menos concentrada (50% base seca), obtuvieron una ganancia media diaria que disminuyó a medida que se restringió la oferta de alimento (Cuadro 1).

Albornoz et al. (2009) en un experimento con terneros y un alimento 58% concentrado, también reportaron que al restringir la oferta de alimento la ganancia media diaria se vio afectada negativamente (Cuadro 1).

Ayçaguer et al. (2011) trabajando con terneros obtuvieron ganancias medias diarias similares al 2,9 (1,146; 1,118; 1,152) ofreciendo 3% del peso vivo.

Terneros Hereford, machos (HM) y hembras (HH), tricruzas A. Angus x Braford (AA x BH), acebuzados 3/8 Brangus (3/8 cebú) y cebús 5/8 Brangus (5/8 cebú), con consumos de 3 a 3,6 %PV obtuvieron ganancias medias diarias en torno a 1 kg/d/a no coincidiendo así con los resultados obtenidos en este trabajo (Monje, s.f.). Este trabajo presenta alguna diferencia en cuanto al tipo racial.

4.4. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

La eficiencia de conversión fue significativamente afectada por el peso vivo inicial (PVINI, $P < .0001$), pero no se observaron diferencias debidas al tratamiento (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto del nivel de oferta de alimento sobre la ganancia media diaria, el consumo y la eficiencia de conversión y respuesta a la restricción respecto a *ad libitum* de las variables mencionadas

	Oferta de MS alimento (%PV)				EE	P- valor	Efecto		
	2.2	2.5	2.9	3.2			T	L	C
CMS (kg)	4,22 64%	4,75 72%	5,91 90%	6,57 100%	0.29	<0,01	<0,01	0.80	
GMD	0.807 65%	0.956 77%	1.158 93%	1.245 100%	0.16	0.83	<.0001	0.39	
EC	4.92 97%	4.89 96%	4.87 96%	5.09 100%	0.04	0.70	0.45	0.40	

GMD= Ganancia media diaria, EC= Eficiencia de conversión, T= Tratamiento. Para calcular los porcentajes se tomó como 100% el valor de la variable en estudio del tratamiento 3.2 y desde ese valor se calculó cuánto representan los valores de los demás tratamientos con respecto al 3.2.

El consumo y la ganancia media diaria evolucionan de la misma manera, si se observa el Cuadro 7, se ve que la ganancia media diaria para el tratamiento 2.2 por ejemplo, representa 65% de *ad libitum*, mientras que el consumo un 64%. Sumado a esto, la digestibilidad no mostró diferencias significativas entre tratamientos. El resultado de esta suma podría ser una de las razones por la cual la eficiencia de conversión no mostró diferencias significativas entre tratamientos.

Se esperaba que al aumentar la ganancia media diaria, la eficiencia de conversión disminuyera debido a que cuando aumenta, la composición del tejido depositado cambia, tendiendo a depositarse mayor cantidad de grasa. Por lo tanto, al aumentar la proporción de tejido graso depositado, el cual tiene un mayor costo energético, existe un mayor costo energético por unidad de tejido depositado, viéndose así afectada negativamente la eficiencia de conversión (Di Marco, 1998); sin embargo, como fue explicado anteriormente esto no fue lo que ocurrió.

Los animales más pesados destinan mayor cantidad de energía a los requerimientos de mantenimiento, ya que al ser estos animales más grandes, tienen mayores requerimientos de mantenimiento, lo que podría haber influenciado en la eficiencia (Di Marco, 2006), sin embargo esto no se ve reflejado en los valores obtenidos.

Los resultados obtenidos en este trabajo no fueron los que se esperaban, ya que, como se mencionó recientemente no se reportaron diferencias significativas (Cuadro 7) en la eficiencia de conversión. Se esperaba que la restricción en la oferta

de alimento mejore la eficiencia de conversión (Galyean, 1999). Ya que según los antecedentes revisados disminuirían los costos de mantenimiento, mejoraría levemente la digestibilidad y disminuiría el rechazo (Di Marco, 2006). Cabe destacar que en las investigaciones revisadas los resultados se obtuvieron con animales en terminación y con dietas altamente concentradas (80-85% de concentrado), diferencias importantes a la hora de comprarlas con este trabajo.

Los resultados de este experimento coinciden con los reportados por Ceconi et al. (2008), Albornoz et al. (2009), García y Ravera (2014); afirman por separado que cuando se restringe la oferta de alimento la eficiencia de conversión no se ve afectada, mientras que la ganancia media diaria y el consumo de materia seca disminuye.

Pordomingo et al. (2010), trabajando con diferentes ofertas de alimento (1,6 - 3 %PV), no encontraron diferencias en la eficiencia de conversión para los tratamientos del 2-2,8% del peso vivo, esto coincide en gran parte con los resultados obtenidos en este experimento.

5. DISCUSIÓN

La razón por la cual la eficiencia de conversión no se vio modificada podría deberse a que el consumo aumentó proporcionalmente con la ganancia media diaria. Otro factor que influyó de manera importante fue la digestibilidad, la cual no mostró diferencias significativas, pero sí una tendencia a una respuesta cuadrática.

La calidad de la dieta podría ser la razón por la cual no se encontraron diferencias en cuanto a la digestibilidad, ya que la misma presentaba un 70 % de un alimento altamente balanceado y energético, el cual provocó que no se viera afectada la digestibilidad.

A medida que se aumentó la oferta de alimento, la ganancia media diaria mostró una respuesta lineal, motivo por el cual los animales con mayor oferta, obtuvieron los mayores aumentos de peso y pesos finales.

En cuanto a la eficiencia de conversión, tal vez la restricción más severa no fue lo suficientemente restringida como para afectar significativamente a esta variable. Si bien existieron diferencias en las ganancias medias diarias, el efecto de estas sobre la eficiencia de conversión podría ser apaciguado por la edad de los animales, ya que, al ser una categoría joven, no se encuentran diferencias importantes a la hora de depositar tejidos.

5.1. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

La inclusión de los valores obtenidos en el experimento, en el manejo del sistema a nivel comercial, acarrea ciertas ventajas como: ser capaz de manipular la ganancia media diaria para obtener los kilogramos deseados en invierno; ya que se cuenta con el valor de eficiencia de conversión para la categoría de terneras.

Permite, además, al tener una eficiencia de conversión que no cambia significativamente a diferentes ofertas de alimento, poder elegir la ganancia más conveniente para el sistema.

Por último, da una herramienta para poder ahorrar en mano de obra y alimento, ya que si se cuenta con la misma eficiencia de conversión cuando se proporciona alimento *ad libitum* que restringido (hasta 70% de *ad libitum*), se le puede proporcionar menor cantidad de alimento que *ad libitum*, para que no exista rechazo. Al no existir rechazo, no se deben limpiar los comederos, por lo que se ahorra mano de obra, y además toda la comida que se ofrece es utilizada por el animal, no teniendo que tirar los excedentes que genera el rechazo; y esto sin perjudicar la eficiencia de conversión de los animales.

Sería interesante repetir el experimento con algunas diferencias en materiales y métodos para observar qué resultados se obtienen. Quizás variando la composición de la dieta, haciéndola más concentrada, existe un cambio de respuesta en la eficiencia de conversión; posiblemente restringiendo aún más el tratamiento más restringido también se logran resultados distintos.

6. CONCLUSIONES

En terneras en sistema ADT, consumiendo dieta totalmente mezclada (70/30 concentrado/voluminoso) con una oferta de alimento variando entre *ad libitum* hasta el 70% de lo suministrado *ad libitum*, es posible manipular la curva de crecimiento, incidiendo sobre la ganancia media diaria, pero sin afectar a la eficiencia de conversión promedio.

7. RESUMEN

El experimento tuvo lugar en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) la cual está ubicada en la Estación Experimental Mario A. Cassioni (EEMAC) ruta nacional No. 3, km 363 (Paysandú, Uruguay). Comenzó el 19/06/2018 y finalizó 18/09/2018. El objetivo del mismo fue evaluar el impacto del nivel de oferta de una ración totalmente mezclada (70:30 concentrado voluminoso, con alta concentración de energía) sobre la eficiencia de uso del alimento en terneras en confinamiento. Además, se buscó describir las curvas de crecimiento, la ganancia de peso vivo, el consumo de materia seca, la digestibilidad del alimento y las características de las terneras a la salida del corral (evaluando peso y composición corporal). Se trabajó con 32 terneras Hereford, con un peso a inicio del corral de $161,5 \pm 26,5$, se las agrupó en 4 tratamientos, quedando cada uno con 8 repeticiones (siendo la ternera la unidad experimental). Se utilizaron 4 asignaciones de alimento según el tratamiento: 2,2% PV; 2,5% PV; 2,9% PV y 3,2% (este último fue *ad libitum*). El consumo (kg), la altura y la ganancia media diaria (kg/a/día) presentaron una respuesta lineal a la oferta de alimento. Esto llevó a que los animales más pesados al final del experimento fueran los del 3,2%PV. En cuanto a la digestibilidad, esta no mostró diferencias significativas, pero sí una tendencia a una respuesta cuadrática, con un mínimo a una asignación de 2,7%PV, el cual se asocia a una digestibilidad del 83%. La respuesta de esta última variable podría explicar porque la eficiencia de conversión no haya presentado diferencias significativas a diferentes asignaciones de alimento.

Palabras clave: Terneras; ADT; Oferta de alimento; Restricción; Eficiencia de Conversión; Ganancia media diaria.

8. SUMMARY

The experiment took place at the Intensive Meat Production Unit (UPIC), located at the Mario A. Cassinoni Experimental Station (EEMAC) (Paysandú, Uruguay). It began on 06/19/2018 and ended the 09/18/2018. The objective of this work was to evaluate the impact of different levels of fully mixed ration (70:30 concentrated:hay, with a high concentration of energy) on the feed efficiency of Hereford veals. Moreover, describing the growth curves, daily weight gain, feed consumption, digestibility and the characteristics of the veals at the end of the experiment was also the aim of this work. Thirtytwo Hereford veals with an initial weight of $161,5 \pm 26,5$ were used. They were randomly assigned to one of the four treatments (the veal was the experimental unit), being feed with 2,2%BW; 2,5%BW; 2,9%BW and 3,2%BW, this last treatment was considered *ad libitum*. Dry matter intake (kg), height, daily weight gain (kg/a/d) showed a linear response to the amount of food assigned to each treatment. This caused that the heaviest animals at the end of the experiment were the ones that were fed *ad libitum*. The digestibility did not show significant differences among treatments, but it shown a quadratic trend, with the lower digestibility at 2,7%BW, corresponding to a digestibility of 83%. The response of this last variable to the treatments, could explain why the feed efficiency did not show significant differences among treatments.

Keywords: Veals; ADT; Different levels of ration; Restriction; Feed efficiency; Daily weight gain.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Albornoz, R. I.; Ceconi, I.; Méndez, D.; Davies, P.; Colombatto, D.; Elizalde, J. C. 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. Allen, M. S.; Mertens D. R. 1988. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *The Journal of Nutrition*. 118:261-270.
3. 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/e6813e9f11c15928220fadcd234b39138b7e8.pdf?_ga=2.205455248.1234727625.1572012251-1021714456.1554307231
4. Ayçaguer, S.; Iriñiz Aguerre, J.; Martínez Marchese, V. 2011. Evaluación de fuentes alternativas de fibra en dietas altamente concentradas para novillos y terneros alimentados a corral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 34-35.
5. Baldi, F.; Banchemo, G.; La Manna, A.; Fernández, E.; Pérez, E. 2009. Efecto del manejo nutricional post-destete durante el período de terminación sobre las características de crecimiento y eficiencia de conversión en sistemas de recría y engorde intensivo. Montevideo, INIA. 13 p. (Actividades de Difusión no. 609).
6. 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.
7. Bemhaja, M. 1996. Producción de pasturas en basalto. In: Seminario Técnico Producción y Manejo de Pasturas (1995, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 231-240 (Serie Técnica no. 80).
8. Beretta, V.; 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. (en línea). In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (18^a, 2016,

Paysandú). A pasto y a corral, dos caminos con un mismo destino: la rentabilidad. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 36-45. Consultado sep. 2019. Disponible en <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2016.pdf>

9. Calsamiglia, S.; Ferret, A. 2002. Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: acidosis y meteorismo. In: Curso de Especialización FEDNA (18º., 2002, Barcelona). Avances en nutrición y alimentación animal. Barcelona, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp. 97-115. Consultado oct. 2019. Disponible en https://pdfs.semanticscholar.org/fa7c/38154d06acefc8e5455cc8d79cd0a56840b4.pdf?_ga=2.67707409.1661888566.1575466804-991275660.1575466804
10. Castaño, F. A.; Rugeles, C. C.; Betancur, C. A.; Ramírez-López C. J. 2014. Impacto del estrés calórico sobre la actividad reproductiva en bovinos y consideraciones para mitigar sus efectos sobre la reproducción. *Revista Biosalud* 13(2):84-94.
11. Ceconi, I.; Davies, P.; Méndez, D.; Buffarini, M; y Elizalde, J. 2008. Efecto del nivel de engrasamiento inicial y de la ganancia de peso sobre el engrasamiento final de terneros recriados a corral. (en línea). Balcarce, Sitio Argentino de Producción Animal. pp. 69-74. Consultado jun. 2019. Disponible en https://pdfs.semanticscholar.org/fa7c/38154d06acefc8e5455cc8d79cd0a56840b4.pdf?_ga=2.67707409.1661888566.1575466804-991275660.1575466804
12. Costa, Á.; Moreira, R.; Scarsi, A.; Ayala, W.; Quintans, G. 2008. Efecto de tres ganancias invernales sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnífera (tercer año de evaluación). In: Seminario de Actualización Técnica: cría Vacuna (2008, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 70-76 (Serie Técnica no. 174).
13. Cuartas, C. A.; Naranjo, J. F.; Tarazona, A. M.; Barahona, R. 2013. Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 8:70-81.
14. Di Marco, O. N. 1993. Crecimiento y respuesta animal. Balcarce, Buenos Aires, AAPA. 129 p.

15. _____. 1998. Crecimiento de vacunos para carne. Mar del Plata, Argentina, s.e. pp. 59-120
16. _____. 2006. Eficiencia de utilización del alimento en vacunos. (en línea). *Visión Rural*. 13:61. Consultado oct. 2019. Disponible http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/89-eficiencia_utilizacion_alimento.pdf
17. Elizalde, J. C.; Parra, V.; Duarte, G. 2003. Resultados de engordes a corral de vacunos realizados en diferentes sistemas de producción de carne. (en línea). *Vision Rural*. 9:4. Consultado 7 jun. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/82-resultados.pdf
18. _____.; Ceconi, I. 2007. Encierre estratégicos de terneros. (en línea). General Villegas, INTA. pp. 59-60. Consultado 16 ago. 2019 Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mt2007_elizalde_encierre_estrategico_terneros.pdf
19. Equipe Beef Point, BR. 2007. Uso de tamponantes para bovinos de corte confinados. (en línea). s.l. 1 p. Consultado ago. 2019. Disponible en <https://www.beefpoint.com.br/uso-de-tamponantes-para-bovinos-de-corte-confinados-41742/>
20. Estrada, S. 2010. Manejo productivo de un sistema intensivo de engorde bovino "Feedlot" en la hacienda Meyer Ranch (Dakota del Norte, Estados Unidos). Tesis Industrial Pecuaria. Caldas, Colombia. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. 73 p.
21. Fernández Mayer, A. 1998. Fisiología de la producción de carne. (en línea). INTA. Material Didáctico. no. 3:6-34. Consultado jun. 2019. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>
22. Galyean, M. L. 1999. Review: restricted and programmed feeding of beef cattle—definitions, application, and research results. *Professional Animal Scientist*. 15:1-6.
23. García, A.; Rodríguez, J. J.; Ruiz, D. E. M. 1998. Optimización del engorde de bovinos en pastoreo en la pampa argentina mediante programación lineal. *Investigación agraria. Producción y Sanidad Animales*. 13(1-3):99-118.

24. _____. 2007. Efectos del medio ambiente sobre los requerimientos nutricionales del ganado en pastoreo. (en línea). South Dakota State University. Cooperative Extensión Service. ExEx4037-S. 5 p. Consultado jul. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/19-ambiente_pastoreo.pdf
25. García, L. 2011. Eficiencia de la producción animal. (en línea). s.n.t. 3 p. Consultado 12 ago. 2019. Disponible en <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/produccion-animal-eficiente-t28706.htm>
26. García, R.; Ravera, A. 2014. Restricción alimenticia y aumento de peso compensatorio en vaquillonas en encierre a corral. (en línea). Tesis Ing. Agr. La Pampa, Argentina. Universidad Nacional de La Pampa. 31 p. Consultado jul. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/182-a_garres499.pdf
27. Guevara Garay, L. A.; Gómez-Botero, J. C.; Ávila-Londoño, L. E. 2012. Frecuencia de suplementación y pH ruminal en bovinos. Veterinaria y Zootecnia. 6(2):115-133.
28. Heinrichs, J.; Jones, C. M. 2016. Penn State particle separator. (en línea). State College, The Pennsylvania State University. PennState Extension. s.p. Consultado 04 sept. 2019. Disponible en <https://extension.psu.edu/penn-state-particle-separator>
29. Hicks, R. B.; Owens, F. N.; Gill, D. R.; Martin, J. J.; Strasia, C. A. 1996. Effects of controlled fed intake on performance and carcass characteristics of feedlot steers and heifers. Journal of Animal Science. 68:233-244.
30. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2017. Sistema de pastoreo La Estanzuela. Guía práctica para la implementación de un sistema de pastoreo. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jul. 2019. Disponible en http://inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/bd%20115_2017.pdf
31. Kaufmann, W. 1976. Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH –regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. Livestock Production Science. 3:103-114.

32. _____; Hageneister, H.; Dirksen, G. 1980. Adaptation changes in dietary composition, level and frequency of feeding. *In*: Ruckebusch, Y.; Thivend, P. eds. Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. West Port, USA, AVI. pp. 587-595.
33. Latimer, George W. Jr. 2012. Official Methods of Analysis of the AOAC International. 19th. ed. Gaithersburg, Maryland, USA. cap. 4, s.p.
34. Loerch, C.; Fluharty, F. L. 1998. Effects of Corn Processing, Dietary Roughage Level, and Timing of Roughage Inclusion on Performance of Feedlot Steers. Ohio, The Ohio State University. pp. 681-685.
35. Mc Donald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D.; Morgan, C. A. 2006. Nutrición animal. 6a. ed. Zaragoza, Acribia. pp. 186-245.
36. Mac Loughlin, R. J. 2005. Variación en los consumos individuales. (en línea). s.n.t. 4 p. Consultado jun. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/86-variacion_consumos_individuales.pdf
37. Marichal, M. J. 2012. Digestión de nutrientes. *In*: Curso de Anatomía y Fisiología Animal (2012, Montevideo). Resúmenes. Montevideo, UdelaR. Facultad de Agronomía. p.8
38. _____; Trujillo, A. I.; Guerra, M. H.; Carriquiry, M.; Piaggio, L. 2014. Comparación de las cinéticas de liberación de N-NH₃ in vitro y de la degradación ruminal del N de la urea protegida, urea y subproductos agroindustriales. *Agrociencia* (Uruguay). 13(2):52-59.
39. Meissner, H. H.; Smutz, M.; Paulsmeier, D. V. 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, US). Proceedings. Stillwater, Oklahoma Agricultural Experimental Station. pp. 49-55.
40. Mejía, J.; Mejía, I. 2007. Nutrición proteica de bovinos productores de carne en pastoreo. (en línea). *Acta Universitaria*. 17(2):45-54. Consultado 31 jul. 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41617206>.
41. Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Dairy Science*. 64:1548-1558.

42. _____. 1997. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *Journal Dairy Science*. 80:1463-1481.
43. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018. Anuario estadístico agropecuario 2018. Montevideo. p. 36.
44. Monje, A. s.f. Producción de terneros “bolita”. (en línea). Concepción del Uruguay, Entre Ríos, INTA. pp. 47-51. Consultado 13 ago. 2019 Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/23-terneros_bolita.pdf
45. Morón, O.; Huerta-Leidenz, N.; Milli-Paris, S.; Ormo-Moreno, R. 2019. Efecto de la dieta sobre el rendimiento, composición de la canal y calidad de la carne de terneros. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*. 9(1):18.
46. NRC (National Research Council, US). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7th. ed. Washington, D. C., National Academy Press. s.p.
47. _____. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 381 p.
48. Orskov, E. R. 1986. Strach digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*. 63:1624-1633.
49. 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.
50. Plegge, S. D. 1986. Restricting intake of feedlot cattle. In: Feed Intake Symposium (1986, Oklahoma, USA). Proceedings. St. Paul, MN, University of Minnesota. pp. 297- 301.
51. Pordomingo, A. J.; Jonas, O.; Adra, M.; N. A.; Juan, Azcárate, M. P. 2002. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. (en línea). *RIA*. 31(1):1-23. Consulta 9 ago. 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86431101>
52. _____. 2003. Gestión ambiental en el feedlot. Guía de buenas prácticas. (en línea). La Pampa, Argentina, INTA Anguil. 5 p. Consultado 24 ago. 2019. Disponible

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-gestin_ambiental_en_el_feedlot_guia_de_buenas_prctic.pdf

53. _____; Kent, F.; Volpi Lagreca, G.; Alende, M. 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.
54. _____. 2013. Feedlot: alimentación, diseño y manejo. (en línea). Balcarce, Argentina, Universidad Nacional de La Pampa. pp. 11-41. Consultado 14 sep. 2019. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_feedlot_2013.pdf
55. Quintans, G. 2008. Algunas estrategias para disminuir la edad al primer servicio en vaquillonas. In: Seminario de Actualización Técnica: cría Vacuna (2008, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 53-58 (Serie Técnica no. 174).
56. Reynolds, C.; Tyrrell, H.; Reynolds, P. 1991. Effects of Diet Forage-to-Concentrate Ratio and Intake on energy metabolism in growing beef heifers: whole Body Energy and nitrogen balance and visceral heat production. *The Journal of Nutrition*. 121(7):994-1003.
57. Robelin, J.; Daenicke, R. 1980. Variations of net requirements for cattle growth with liveweight, liveweight gain, breed and sex. *Annales De Zootechnie*. 29 (6):99-118.
58. Robinson, D. L.; Oddy, V. H. 2004. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. *Livestock Production Science*. 90:255-270.
59. Rodríguez, 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.
60. Rossi, J. E.; Loerch, S. C.; Fluharty, F. L. 2000. Effects of crude protein concentration in diets of feedlot steers fed to achieve stepwise increases in rate of gain. *Journal of Animal Science*. 78:3036-3044.
61. Ruiz, M.; Ruiz, A. eds. 1990. Nutrición de rumiantes: guía metodológica de investigación. (en línea). San José, CR, IICA. 344 p. Consultado 8 oct. 2019. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?hl=es&lr=&id=sx4gwEmruhYC&oi>

[=fnd&pg=PA159&dq=ad+libitum+rechazo+bovinos&ots=81aVsnBi9d&sig=RvsFviFTLWQ4yTnw5ye-FCknVc#v=twopage&q&f=false](#)

62. Sánchez, F. s.f. Crecimiento y desarrollo. Buenos Aires, Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. Departamento de Producción Animal. s.p.
63. Schwartzkopf Genswein, K. S.; Beauchemin, K. A.; Gibb, D. J. 2003. Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science*. 81(suppl. 2):E149-E58.
64. Simeone, A.; Beretta, V. 2008. Encierre de terneros o Sistema ADT (Alimentación Diferencial del Ternero). *Revista UPIC* 2008:38-41.
65. _____.; _____. 2011. Evaluación del sistema de autoconsumo en un corral de terneros. *Revista UPIC* 2011:29-30.
66. _____.; _____. 2016. A pasto y a corral, dos caminos con un mismo destino: la rentabilidad. *Revista UPIC* 2016:34.
67. _____.; _____. 2018. 20 años de investigación para una ganadería cada vez más rentable. *Revista UPIC* 2018:56-57.
68. 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.
69. 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.). Resúmenes. Balcarce, INTA. Balcarce/UNMP. FCA. p. 24.
70. Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis B. A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch. Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74 (10):3583-3597.