

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE ALMIDÓN EN LA PERFORMANCE
ANIMAL Y LA CALIDAD DE LA CARNE DE NOVILLOS DE DIFERENTES
EIDADES EN CORRAL DE LARGA DURACIÓN**

por

Rodrigo Wilson GAYO PÉREZ

Juan Manuel NIETO OLASO

Nicolás RODRÍGUEZ SOSA

**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. Álvaro Simeone

Ing. Agr. MSc. Virginia Beretta

D.M.V. MSc. Juan Franco

Fecha: 1 de diciembre de 2020

Autores: -----

Rodrigo Wilson Gayo Pérez

Juan Manuel Nieto Olasso

Nicolás Rodríguez Sosa

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia queremos agradecer a nuestras familias, amigos y compañeros de facultad por el constante apoyo en la carrera.

A los tutores de esta tesis Ing. Agr. MSc. PhD. Álvaro Simeone, Ing. Agr. MSc. Virginia Beretta y D.M.V. MSc. Juan Franco por la ayuda brindada en cada una de las etapas de este trabajo.

A las ingenieras agrónomos Victoria Burgel y Natalia Zabalveytia, y al personal de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni por la colaboración en la práctica del experimento.

A Oscar Feed por la ayuda brindada en la etapa de medición en el frigorífico.

Por último, al frigorífico Casa Blanca por habernos brindado las instalaciones para realizar los estudios post faena.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.2. DEPOSICIÓN DE TEJIDOS HASTA LA FAENA.....	3
2.2.1. <u>Relación entre edad y eficiencia de conversión</u>	5
2.2.2. <u>Factores que afectan la calidad de la carne</u>	10
2.3. DURACIÓN DEL PERÍODO DE ENGORDE	13
2.4. EFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA EFICIENCIA DE CONVERSIÓN Y MARMOREO	15
2.4.1. <u>Síntesis de lípidos</u>	15
2.4.2. <u>Efecto de la fuente de almidón en la producción y calidad de carne</u>	18
2.5. HIPÓTESIS	22
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	23
3.1. PERÍODO Y ÁREA EXPERIMENTAL	23
3.2. CLIMA.....	23
3.3. ANIMALES	23
3.4. CORRALES.....	23
3.5. ALIMENTOS.....	24
3.6. TRATAMIENTOS.....	25
3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	26
3.7.1. <u>Acostumbramiento</u>	26
3.7.2. <u>Período de confinamiento, faena y post faena</u>	26
3.8. REGISTROS Y MEDICIONES.....	27
3.8.1. <u>Peso vivo</u>	27
3.8.2. <u>Consumo de materia seca</u>	27
3.8.3. <u>Comportamiento animal y patrón de consumo</u>	27
3.8.4. <u>Digestibilidad aparente</u>	27
3.8.5. <u>Mediciones en faena</u>	28
3.8.6. <u>Análisis químico</u>	29
3.8.7. <u>Registros climáticos</u>	29

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
4. RESULTADOS.....	32
4.1. PRODUCCIÓN DE CARNE.....	32
4.1.1. <u>Evolución de peso vivo y ganancia diaria</u>	32
4.1.2. <u>Consumo y eficiencia de conversión</u>	35
4.1.2.1. Consumo	35
4.1.2.2. Eficiencia de conversión	39
4.1.3. <u>Digestibilidad aparente de la MS, MO, EB</u> <u>y consumo de MSD, MOD, EM, ED</u>	41
4.1.4.1. Consumo de materia seca digestible.....	42
4.1.4.2. Digestibilidad de la energía bruta	43
4.1.4.4. Consumo de energía metabolizable	46
4.1.4.5. Digestibilidad de la materia orgánica.....	47
4.1.5. <u>Comportamiento</u>	49
4.2. CALIDAD DE LA CANAL Y CALIDAD DE CARNE.....	50
4.2.1. <u>Calidad de la canal</u>	50
4.2.2. <u>Calidad de la carne</u>	52
5. <u>DISCUSIÓN</u>	55
5.1. PRODUCCIÓN DE CARNE.....	55
5.2. CALIDAD DE LA CARNE	57
5.2.1. <u>Calidad de la canal</u>	57
5.2.2. <u>Calidad de la carne</u>	60
6. <u>CONCLUSIONES</u>	62
7. <u>RESUMEN</u>	63
8. <u>SUMMARY</u>	64
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	65
10. <u>ANEXOS</u>	73

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción y calidad de carne, según el peso y la edad a la entrada al período de encierre a corral	9
2. Grado de marmoreo según genotipo y largo de encierro.....	14
3. Digestibilidad aparente y sitio de digestión del almidón de diferentes granos.....	19
4. Resumen de resultados obtenidos en producción y calidad de carne, con raciones basadas en grano húmedo de sorgo y grano húmedo de maíz.....	20
5. Resumen de resultados obtenidos al comparar diferentes métodos de procesamiento sobre el grano de maíz y el de sorgo	21
6. Resultados obtenidos en producción y calidad de carne, con raciones en base a steam flake de maíz y steam flake de sorgo.....	21
7. Temperatura (T), humedad relativa (HR) y precipitaciones (RR) medias mensuales históricas para Paysandú.....	23
8. Composición de la dieta.....	24
9. Tratamientos	25
10. Efecto del tipo de dieta (D) y la edad (E) sobre el crecimiento, consumo y eficiencia de conversión del alimento para novillos Hereford durante la fase de alimentación a corral	32
11. Consumo de materia seca expresado en kg/día y en porcentaje del peso vivo	36
12. Digestibilidad aparente de la MS, MO, EB y el consumo de MSD, MO, EM promedio de cada tratamiento.....	41
13. Comportamiento animal en probabilidad de ocurrencia por actividad.....	50
14. Resultados obtenidos en peso faena, peso canal caliente, rendimiento, área de ojo de bife, terminación.....	51
15. Resultados obtenidos de diferentes tipos de ácidos grasos	52
16. Resultados de características de calidad de la carne	53

Figura No.

1. Tasa de crecimiento de distintos tejidos según velocidad de crecimiento	5
2. Eficiencia de conversión según edad de machos castrados	6
3. Efecto del peso promedio (novillos de 1 a 2 años), en el corral de engorde sobre la eficiencia de conversión	7
4. Variaciones de grasa y proteína en función del peso vivo.....	8
5. Grado de marmoreo según edad a la faena.....	10
6. Grado de marmoreo según la edad a la faena de novillos	11
7. Relación entre el peso carcasa y la grasa intramuscular en el músculo Longissimus thoracis.....	12
8. Vía de síntesis de ácidos grasos en rumiantes	16
9. Evolución del peso vivo en función de las semanas.....	33
10. Evolución del peso vivo según tratamiento	33
11. Ganancia diaria promedio de peso vivo en kg/día agrupada en tres períodos diferentes según la edad de los animales.....	34
12. Ganancia diaria según base de la dieta evaluada en tres períodos	35
13. Evolución del consumo de materia seca expresada en kilogramos por día según tratamiento en el período experimental	37
14. Evolución del consumo diario de materia seca expresado como porcentaje del peso vivo.....	38
15. Evolución del peso vivo y el consumo de materia seca diario dentro del período experimental	39
16. Eficiencia de conversión según edad evaluada en tres períodos	40
17. Eficiencia de conversión según dieta evaluada en tres períodos	40
18. Digestibilidad de las dietas basadas en grano de sorgo o maíz según semana de evaluación	42
19. Evolución del consumo de materia seca digestible para todos los tratamientos.....	43

20. Efecto de la interacción grano por semana en la digestibilidad de la energía bruta	44
21. Efecto de la interacción grano por edad y por semana sobre el consumo promedio de energía digestible	45
22. Evolución del consumo de energía metabolizable en Mcal/día de los diferentes tratamientos	46
23. Consumo de energía metabolizable en Mcal/día de las diferentes dietas en las 3 semanas evaluadas.....	47
24. Digestibilidad de la materia orgánica expresado en porcentaje para todos los tratamientos evaluado en 3 semanas	48
25. Consumo de materia orgánica digestible expresado en Kg/día para todos los tratamientos evaluado en 3 semanas	49

1. INTRODUCCIÓN

La invernada a corral se ha posicionado como una alternativa viable dentro de los sistemas de engorde en Uruguay, representando el 10% de los animales faenados y el 20% de los novillos, en gran parte explicada por los beneficios arancelarios que tiene la cuota 481.

Esta invernada a corral tiene beneficios como un producto más valorizado en ciertos mercados, una menor necesidad de área para realizar la invernada, una mayor rapidez para terminar los novillos y una terminación más uniforme. Además, beneficios en la calidad de la carne como menores probabilidades de pH altos, menores cortes oscuros, una mayor ternura y un mayor marmoreo.

Sin embargo, en los últimos años se ha especulado que el negocio de la cuota 481 se termine por la participación que tendrá Estados Unidos en esta cuota. Esto, sumado a la apertura del mercado japonés recientemente, abre la oportunidad de que se desarrollen negocios en un futuro con este país para poder mantener la capacidad de corral que tiene Uruguay hoy en día. Japón al igual que muchos otros países, tiene una alta demanda por carnes con altos niveles de marmoreo, y sus consumidores están dispuestos a pagar por esta característica.

De esta manera, resulta interesante conocer los niveles de marmoreo que desarrolla la invernada a corral en el país y bajo qué manejos nutricionales se produce.

Los principales granos utilizados en Uruguay como fuentes de almidón para el engorde de animales a feedlot son maíz y sorgo, y la proporción utilizada para cada uno depende del precio de cada grano. De esta manera, el sorgo aparece como una fuente viable económicamente para sustituir al maíz cuando su precio está demasiado alto. En países donde la producción de carne con altos grados de marmoreo es una práctica desarrollada hace muchos años como Estados Unidos, el maíz se posiciona como el grano más utilizado para este tipo de engorde, por su abundancia en ese país y por ser una fuente de energía barata gracias a su gran cantidad de almidón.

Sin embargo, debido a la escasa experiencia que hay en Uruguay en la producción de carne con marmoreo, resulta interesante estudiar los resultados obtenidos de calidad y producción de carne, al evaluar diferentes combinaciones de edades y granos.

En este sentido, el maíz, por ser el grano más utilizado en este tipo de sistemas de producción de carne, y el sorgo por su abundancia y precio en Uruguay, se posicionan como los granos con más posibilidades para ser fuente de almidón y base de raciones que podrán ser utilizados en futuros corrales de producción de carne con marmoreo.

No obstante, el nivel de marmoreo que se persigue conseguir para entrar en este mercado, no se consigue utilizando el mismo sistema que ya se utiliza para la cuota 481. Esto se debe a que los animales tienen un crecimiento alométrico entre tejidos que varía con la edad y la dieta. La grasa es el último tejido en depositarse en la vida del animal, y dentro de las grasas, la intramuscular que es la que da el marmoreo, es la última en hacerlo. Es por esto que para lograr altos niveles de marmoreo, se requieren más días dentro del corral (para que la grasa intramuscular se acumule lo suficiente) y mayores pesos de faena. La edad con que el animal ingresa al corral podría modificar la proporción de los diferentes tejidos depositados. Los animales que ingresan al corral con una mayor edad o mayor peso tendrían más tiempo para depositar una mayor proporción de tejido graso y alcanzar mayores niveles de marmoreo, a su vez, por estar depositando más tejido graso que los animales de menor edad, podrían variar la tasa de deposición de tejido graso según la fuente de almidón consumida, en este sentido, es esperable obtener una mayor diferencia en marmoreo al variar la fuente de almidón en los novillos que ingresaron al corral con 30 meses de edad en relación a los que ingresaron con 18 meses.

Sin embargo, estos largos períodos de encierro para acumular grasa intramuscular vienen acompañados de una caída en la eficiencia de conversión ya que la grasa requiere más energía para depositarse que el músculo.

Es por esto, que resulta interesante conocer la eficiencia de conversión que desarrollan estos dos granos en este tipo de engordes a corral de larga duración, así como también conocer todos los aspectos en cuanto a calidad y producción de carne, para poder evaluar a nivel comercial la ecuación económica que resulta de una menor eficiencia de conversión pero posiblemente de un producto de mayor valor.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la edad del animal al ingreso a corral y la fuente almidón utilizada en la dieta sobre la eficiencia de conversión del alimento, la calidad de la canal y la calidad de la carne, particularmente sobre el grado de marmoreo de la carne de novillo Hereford.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

El contenido de grasa intramuscular o marmoreo es uno de los factores más importantes que determinan la calidad de carne en varios países como Corea, Japón, Australia y Estados Unidos (Park et al., 2018). Además en muchos de estos países utilizan escalas propias para definir el precio de la carne como la USDA (Estados Unidos), MSA (Australia), MS (Corea) y la JMGA (Japón).

En la mayoría de los países desarrollados, el grado de marmoreo es el principal índice de evaluación para calificar la calidad de la carne y a menudo, existe una correlación muy alta entre el puntaje de marmoreo y el precio (Cheng et al., 2015). Por estas razones este trabajo se enfocará en analizar cómo se relaciona el grado de marmoreo, con aspectos como la edad y la dieta.

Además, el marmoreo se correlaciona positivamente con la jugosidad, la ternura y la palatabilidad de la carne (Park et al., 2018).

Los factores que afectan la deposición de grasa intramuscular pueden subdividirse en genéticos (raza y sexo), de manejo (edad al destete, castración, peso y edad de faena) y factores nutricionales (metabolismo de las grasas, digestión y absorción de grasas, disponibilidad de glucosa/almidón, niveles de energía y proteína de la dieta, niveles de vitaminas a, d y c, y alimentación pre natal, Park et al., 2018)

2.2. DEPOSICIÓN DE TEJIDOS HASTA LA FAENA

Para comprender el efecto de la edad sobre una carcasa y su calidad de carne, hay que tener en cuenta el concepto de crecimiento alométrico de los diferentes tejidos y cómo éste se relaciona con el marmoreo de la carne.

Para esto es importante definir al crecimiento como el aumento de peso vivo por unidad de tiempo (Berg, 1976) y al desarrollo como la diferenciación de tejidos (Owens et al., 1995), y esto depende de la edad, el biotipo, el peso y la ganancia diaria (Sánchez s.f., Simeone et al. 2010, Park et al. 2018).

Cuando a un animal se le ofrece alimento de alta calidad *ad libitum*, el crecimiento se expresa en una curva sigmoidea a medida que avanza la edad del animal, la cual consta de una primera fase de crecimiento lento, seguido por una fase acelerada y finalmente una desaceleración hasta llegar al peso maduro (Di Marco, 1998).

El peso maduro se define en el momento que el animal alcanza entre el 34 y 37% de engrasamiento, momento en el que la deposición de proteína disminuye a cero (Owens et al., 1993).

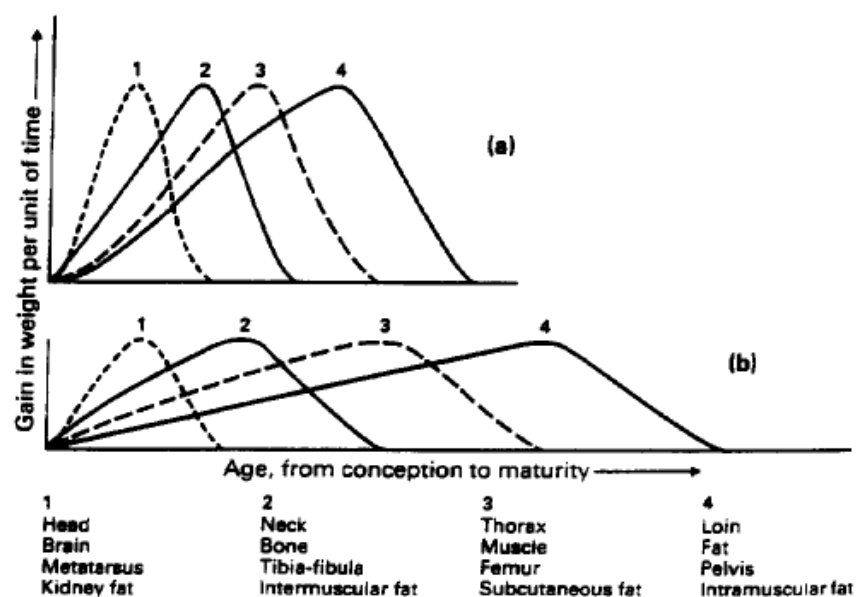
En tanto avanza la edad y el peso del animal, aumenta la deposición de grasa, mientras que disminuye la producción de músculo y hueso (Di Marco, 1993). Cuanto mayor es la tasa de ganancia de un animal, la proporción de proteína decrece, aumentando la proporción de grasa. A su vez cuanto más cercano está un animal de llegar a su peso adulto, menor es la deposición de tejido proteico, llegando incluso a ser nulo una vez alcanzado el peso adulto, en este momento solo se deposita tejido graso (Fernández, 1998).

El desarrollo de los diferentes tejidos post natal comienza desde el nacimiento y tiene diferentes etapas de crecimiento en la vida del animal: primero los órganos y vísceras, le sigue el tejido óseo, luego el muscular y finalmente el tejido adiposo o grasa. A su vez, los depósitos grasos ocurren en el siguiente orden, primero la grasa intermuscular, luego la interna o arriñonada, la subcutánea y finalmente la grasa intramuscular (Owens et al. 1993, Fernández 1998). Según Brito et al. (2004) las razas británicas al momento de alcanzar el peso maduro tienen un 50% de grasa intermuscular, 40% de grasa subcutánea y 10% de grasa intramuscular.

A su vez, esta deposición de tejidos diferencial depende de las tasas de ganancias diarias y del biotipo animal, en este sentido, animales más jóvenes con altas tasas de crecimiento pueden depositar tejido adiposo a igual tasa que un animal más adulto con menores tasas de crecimiento (Owens et al. 1993, Fernández 1998).

Animales con un plano nutricional mayor (mejores tasas de ganancias) tienen un desarrollo más rápido, o sea que comienzan a depositar grasa a un menor peso o edad (Owens et al., 1993).

Este concepto es importante porque afecta la eficiencia de conversión y el grado de marmoreo que podrían alcanzar novillos de diferentes edades y pesos.



a) Tasas de crecimiento rápidas, b) tasas de crecimiento lentas.

Figura No. 1. Tasa de crecimiento de distintos tejidos según velocidad de crecimiento

Fuente: adaptado de Batt por Owens et al. (1993).

2.2.1. Relación entre edad y eficiencia de conversión

La eficiencia de utilización del alimento es la cantidad de alimento consumido por unidad de ganancia de peso, cuánto produce un animal con el alimento que consume (Di Marco 2006, Simeone et al. 2018). Entonces, se dice que un animal es más eficiente que otro, cuando éste produce mayor masa corporal con la misma cantidad de alimento o igual masa corporal con menos alimento consumido (Reuter et al., 2017). La eficiencia de conversión depende del costo de mantenimiento, del nivel de consumo y del tipo de tejido retenido (Di Marco, 2004).

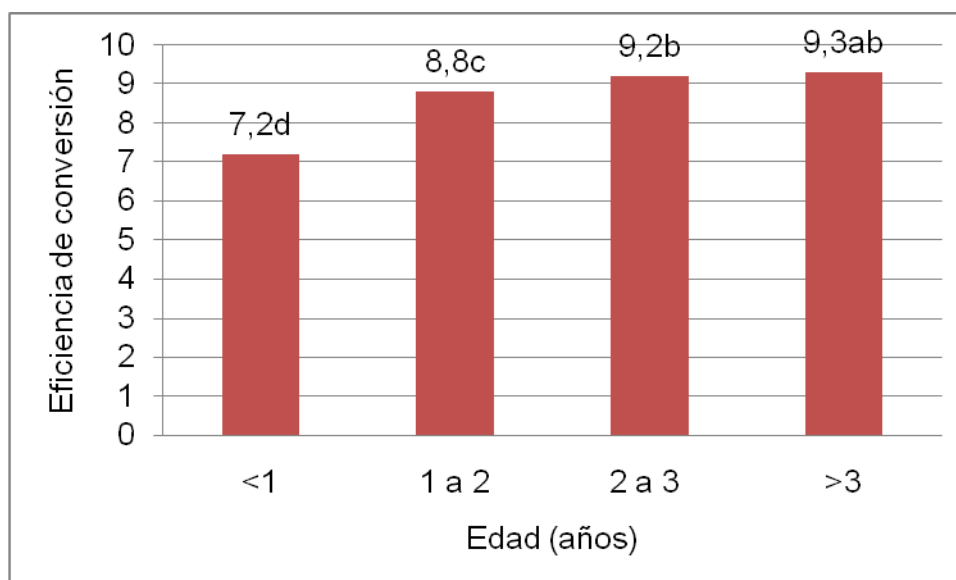


Figura No. 2. Eficiencia de conversión según edad de machos castrados

Fuente: adaptado de Simeone et al. (2018).

Como se observa en la Figura No. 2, al avanzar la edad aumenta la eficiencia de conversión, esto se debe a que, al avanzar la edad del animal, la tasa de deposición de músculo, que es máxima a edades tempranas, comienza a disminuir, en tanto que la de grasa aumenta exponencialmente (Simeone et al., 2018).

En rumiantes la eficiencia de la retención de tejidos expresada en términos de Kcal de tejido/Kcal de energía metabolizable de alimento, es del 20 % cuando el animal retiene proteínas y del 75 % cuando retiene grasas. Sin embargo, el tejido graso tiene un menor contenido de agua que las proteínas, 15% y 75% respectivamente, además de un mayor valor calórico, 9,4 Kcal/g para el tejido graso y 5,7 Kcal/gramo para las proteínas. Estos valores se traducen en que las grasas tienen una demanda energética de 8kcal/g de tejido depositado, y las proteínas 1,4 kcal/g (Di Marco, 2004).

Agastin et al. (2013) aseguran que a medida que los animales envejecen disminuye la tasa de crecimiento muscular y por ende la eficiencia de conversión.

Según Elizalde (2015) los animales que ingresan al corral con mayor peso, consumen más alimento por día, tienen una peor eficiencia de conversión y tienen mejores ganancias que los animales jóvenes. Así mismo, según Di Marco (1998), cuanto mayor sea la edad del animal, su peso o la ganancia de peso, predomina más la deposición de grasa que la de proteína. Esto indicaría que la ganancia diaria de los animales de mayor edad está compuesta por un porcentaje mayor de

grasa lo que se podría traducir en peores eficiencias de conversión, pero mayores niveles de marmoreo (Owens et al., 1993).

En trabajo reportado por Simeone et al. (2018, Figura No. 3) puede observarse que el ingreso al corral con menor peso promedio de los animales asegura una mejora en eficiencia de conversión (EC=7,42 de 350 a 400 kg, EC=8,69 de 400 a 450 kg, EC=9,39 de 450 a 500 kg y EC=9,77 de 500 a 550 kg).

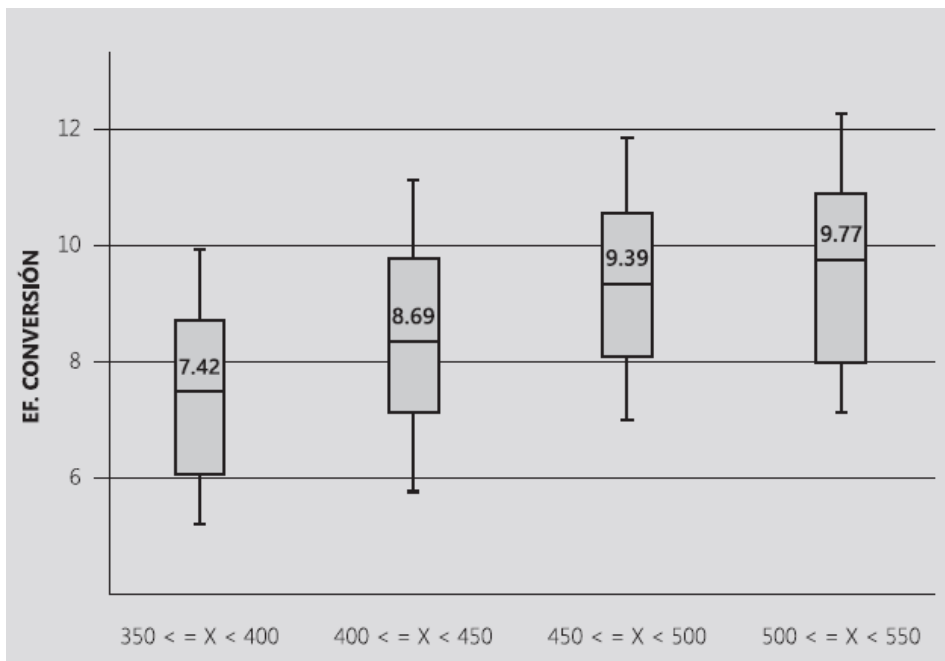


Figura No. 3. Efecto del peso promedio (novillos de 1 a 2 años), en el corral de engorde sobre la eficiencia de conversión

Fuente: tomado de Simeone et al. (2018).

Energéticamente, la eficiencia de la acumulación de proteína es aproximadamente 1.7 veces menor que la de la grasa, sin embargo, debido a que se almacena más agua con la proteína depositada que con la grasa depositada, la producción de tejido magro es cuatro veces más eficiente que la acumulación de tejido adiposo (Owens et al., 1993).

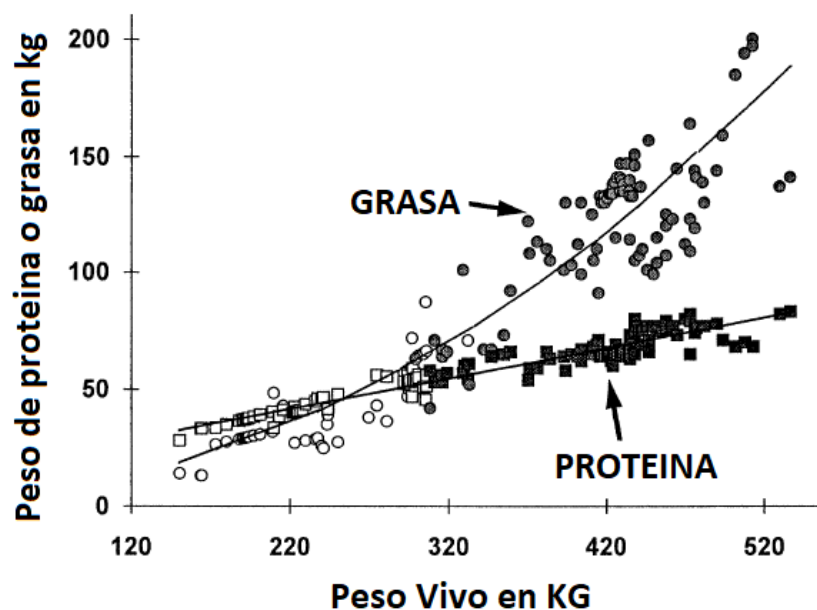


Figura No. 4. Variaciones de grasa y proteína en función del peso vivo

Fuente: tomado de Owens et al. (1995).

Relación proteína/grasa para novillos en feedlot en función del peso vivo, como puede observarse en esta gráfica, la proteína crece de forma lineal hasta alcanzar un plateau y la grasa crece exponencialmente con el peso. A su vez, los valores de estas gráficas varían según el peso maduro del animal o la tasa de ganancia diaria (Di Marco, 1998).

En este sentido, según Lobley (1993) los rumiantes adultos tienen una menor tasa de síntesis y degradación de proteína que animales jóvenes, es decir, la tasa de recambio proteico decrece con la edad, afectada por una reducción de la cantidad total de ARN por unidad de proteína muscular. Esto provoca un crecimiento más rápido, con menor requerimiento de consumo de energía por kg ganado, depositando más proteína que grasa, que se traduce en una mejor eficiencia de conversión (Di Marco, 1994).

En un ensayo realizado por Pordomingo et al. (2000), evaluando la performance de novillitos ($PV=155 \pm 9,7$ kg) y novillos ($PV=269 \pm 10,8$ kg) alimentados *ad libitum*, con diferentes dietas a base de grano de maíz entero, sin fibra larga durante 98 días, obtuvieron eficiencias de conversión de 4,67:1 en novillitos vs.. 6,58:1 en novillos, con una ganancia diaria promedio entre categorías de 1,4 kg/animal/día.

Gelid et al. (2018) estudiando novillos Angus de distinto peso y edad, alimentados a corral durante 133 días, divididos en tres tratamientos según los

pesos promedio de entrada al corral de engorde: t.1. 219 kg (9 a 10 meses de edad), t.2. 356 kg y t.3. 410 kg (20 a 22 meses de edad), analizaron parámetros productivos y de calidad de carne.

En el Cuadro No. 1, se observa como el peso final fue directamente afectado por el peso inicial. El consumo de materia seca expresado como porcentaje del peso vivo fue mayor para animales más jóvenes. Así mismo, la eficiencia de conversión resultó mejor para animales más jóvenes. En cuanto al área de ojo de bife, el marmoreo y el espesor de grasa dorsal fueron mayores para animales más viejos. No se encontraron diferencias significativas en ganancia diaria promedio, rendimiento y en la resistencia al corte Warner-Bratzler a los 4 días.

Cuadro No. 1. Producción y calidad de carne, según el peso y la edad a la entrada al período de encierre a corral

	T1	T2	T3
Peso inicial (kg)	219c	356b	410a
Peso final (kg)	395c	520b	582a
GDP (kg/animal/día)	1,32	1,23	1,29
CMS (%PV)	2,67a	2,48b	2,38b
EC	6,23b	8,87a	9,20a
Rendimiento (%)	57,67	58,53	58,14
EGD (mm)	7,9b	10,7a	9,9ab
AOF (cm ²)	68,0b	78,9a	80,1a
Marmoreo*	471,b	521,7a	546,7a
WBS 4 días (kgf)	2,35	2,67	2,49

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas. T1= animales de 219 kg promedio de 9 a 10 meses de edad. T2= animales de 356 kg promedio de 20 a 22 meses de edad. T3= animales de 410 kg promedio de 20 a 22 meses de edad. GDP= ganancia diaria promedio. CMS= consumo de materia seca. EC= eficiencia de conversión. EGD= espesor de grasa dorsal. AOB= área de ojo de bife. WBS=resistencia al corte Warner-Bratzler a 4 días de maduración a 4 °C.

*Indica: según oficial USDA marbling, slight= 400,small= 500, modest= 600

Fuente: adaptado de Gelid et al. (2018).

2.2.2. Factores que afectan la calidad de la carne

El marmoreo, que se define como la cantidad y distribución espacial de las manchas blancas visibles de grasa presente dentro del músculo *Longissimus dorsi* (LD), es uno de los rasgos más importantes que determinan la calidad de la carne (Elmasry et al., 2012).

Se ha probado que un grado adecuado de marmoreo tiene un efecto favorable sobre la jugosidad, terneza, palatabilidad y sabor de la carne (McBee y Wiles, citados por Cheng et al., 2015). Además, el marmoreo a menudo se considera una característica importante que afecta directamente las decisiones de consumo de un consumidor (Cheng et al., 2015).

De los cuatro factores más importantes que influyen en la deposición de grasa intramuscular (dieta, sexo, edad y raza), la raza es el que tiene menor efecto en la deposición de grasa intramuscular (Smith et al., 2009). Sin embargo, la raza influye en las proporciones de las diferentes grasas que son depositadas, por ejemplo, razas como la Holstein depositan una mayor proporción de grasa interna que razas de carne más tradicionales (Owens et al., 1995), y razas como la Wagyu tienden a depositar mayor grasa intramuscular (Park et al., 2018).

En la Figura No. 5 se muestran los resultados de un experimento realizado por Lee et al. (2013) con 81 novillos Hanwoo donde se comparó la edad al sacrificio con el grado de marmoreo.

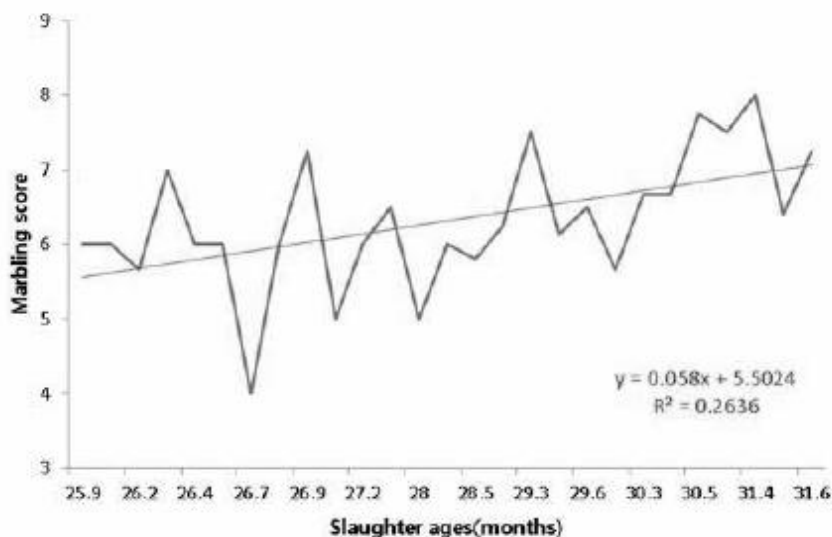


Figura No. 5. Grado de marmoreo según edad a la faena

Fuente: tomado de Lee et al. (2013).

El grado de marmoreo tiende a aumentar entre los 26 a 31 meses de edad, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, explicado por una baja diferencia de edades de faena dentro del experimento y un R^2 bajo. En otro estudio realizado por Lee et al. (2013) se analizó el grado de marmoreo de 5,826 novillos coreanos de varios establecimientos y se obtuvo que el grado de marmoreo pasó de 4,9 a los 26 meses de edad a 5,7 a los 35 meses de edad según la escala coreana (1-9).

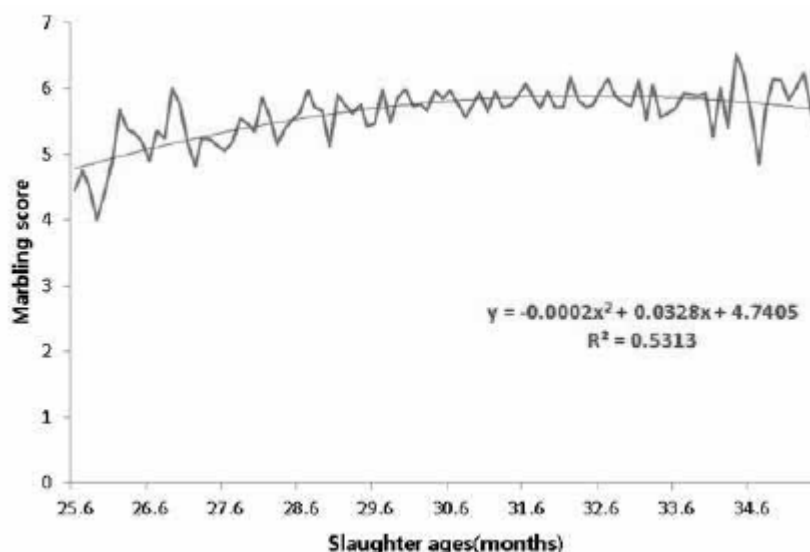
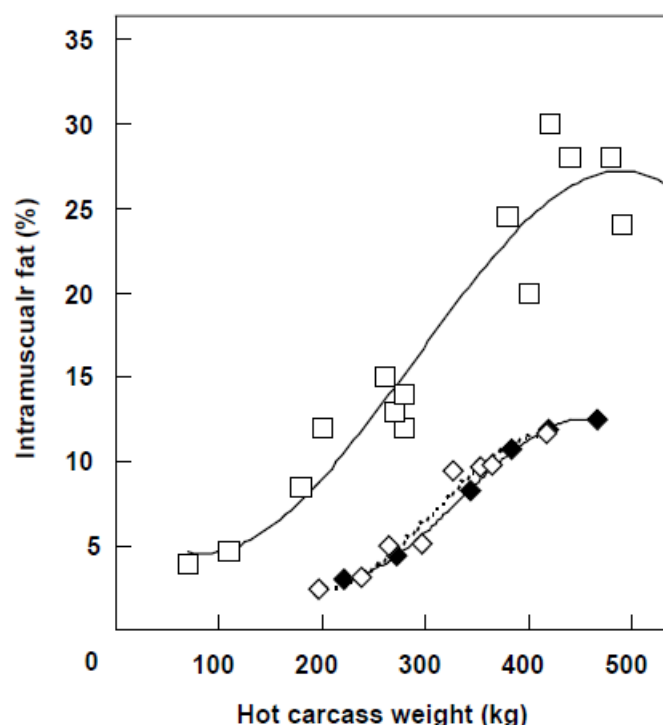


Figura No. 6. Grado de marmoreo según la edad a la faena de novillos

Fuente: tomado de Lee et al. (2013).

Aoki et al. (2001) alimentaron novillos cruza Wagyu x Holstein hasta 500 kg de peso carcasa y los resultados de su estudio sugieren que el contenido de grasa intramuscular medido en 4 músculos diferentes no continúa aumentando después de los 420 kg de peso carcasa.

En la Figura No. 7 se observa como en tres diferentes trabajos, en diferentes países, sistemas de producción y genotipos, la tasa de deposición de grasa intramuscular es relativamente similar. Según lo reportado por Pethick et al. (2004) por cada 10 kg de aumento en el peso carcasa (variando en el rango entre 200 y 400 kg), la grasa intramuscular aumentó entre 0,47% (Duckett et al. 1993, Pugh et al. 2002) y 0,56% (Aoki et al., 2001).



Novillos cruza ◇ AnguxHereford (Duckett et al., 1993), ◆ Angus (Pugh et al., 2002) y □ WagyuHolstein (Aoki et al., 2001).

Figura No. 7. Relación entre el peso carcasa y la grasa intramuscular en el músculo *Longissimus thoracis*

Fuente: Aoki et al. (2001), Pugh et al. (2002), adaptado de Duckett et al. por Pethick et al. (2004).

Pordomingo (2017) comparó características de la calidad de la canal y la carne en novillos de diferentes edades (2 y 3 años) terminados a pasto y a corral, y encontraron que los novillos de mayor edad (3 años) y terminados con concentrados tuvieron mayor porcentaje de grasa intramuscular y menor contenido de agua. A su vez los novillos de 3 años tuvieron mayor área de ojo de bife que los de 2 años, y los novillos terminados con concentrados obtuvieron menores fuerzas de corte, atribuibles posiblemente al mayor porcentaje de grasa intramuscular. No encontraron diferencias en la terneza ni en el pH de la carne cuando se compararon diferentes edades, aunque sí encontraron diferencias en el pH al comparar animales terminados a pasto y a corral, debido a que animales a corral tienen un mayor nivel de glucógeno muscular previo a la faena (que se transformará en ácido láctico) por lo tanto tienen menores valores de pH.

Wulf et al. (1996) estudiando los grados de marmoreo según la escala USDA y la actividad de la calpastatina (enzima inhibidora de las enzimas

proteolíticas calpaínas) en novillos Limousin y cruza Limousin de diferentes edades terminados a corral con una ración comercial, encontraron que a una mayor edad aumenta la fuerza de corte explicado por una mayor actividad de la calpastatina y una menor solubilidad del colágeno. Sin embargo a mayor edad se obtuvieron mayores grados de marmoreo que se correlacionó negativamente con la actividad de la calpastatina, esto indicaría que la edad no es una restricción para conseguir cortes tiernos (menos de 4,5kgF.) en animales de mayor edad, si estos tienen un adecuado nivel de grasa intramuscular.

Luo et al. (2018) compararon el grado de marmoreo y la terneza medida por fuerza de corte de 80 novillos de diferentes edades (18, 36, 54 y 72 meses de edad) encontraron que dentro de los grupos de cada edad, la fuerza de corte disminuía linealmente a medida que aumentaba el área de marmoreo. También encontraron que la fuerza de corte aumentó levemente entre los grupos de 18 a 36 meses y después aumentó considerablemente hacia los 72 meses de edad. Luo et al. (2018) también encontraron en su estudio que el engrasamiento y el grado de marmoreo aumentaron con la edad.

Varios autores han encontrado que el contenido de grasa intramuscular aumenta al aumentar la edad a la faena. Okumura et al. (2011) estudiando el contenido de grasa intramuscular en novillos Wagyu concluyeron que la grasa intramuscular aumenta con la edad de faena: 20 (23,7%), 25 (38,7%), y 30 meses (41,1%). Zembayashi et al. (2011) estudiando novillos y vaquillonas Wagyu y Holstein con diferentes edades de faena encontraron que el contenido de grasa intramuscular aumentó de forma lineal al pasar de 500 días de edad a 1000 días. Greenwood et al. (2015) realizando faenas a diferentes edades y estudiando 5 músculos diferentes en novillos Angus, Wagyu, Hereford y sus cruza obtuvieron como resultado un mayor grado de marmoreo en la escala australiana con los novillos de mayor edad (585 días después del destete).

2.3. DURACIÓN DEL PERÍODO DE ENGORDE

Según Owens et al. (1995) otro factor a tener en cuenta al analizar las variables que influyen en el nivel de marmoreo de la carne son los días de encierro de animales a corral. Este factor no solo afecta la cantidad de grasa, sino también su distribución dentro de la carcasa y los distintos depósitos adiposos. Además, mencionan que la duración del período de engorde a corral afecta directamente al peso carcasa, el espesor de grasa subcutánea y el rendimiento de la res.

Simeone et al. (2018) observaron según lo esperado, un aumento del valor de eficiencia de conversión conforme transcurre el tiempo del animal en el corral, a medida que empieza a disminuir la tasa de deposición de músculo y a aumentar la de grasa, teniendo mayor costo energético la deposición de tejido graso.

Greenwood et al. (2015) analizando novillos de tres diferentes biotipos durante diferentes períodos de encierro (uno corto de 105 días y uno largo de 259 días) obtuvieron como resultado un mayor grado de marmoreo de la escala australiana MSA en los períodos de encierro largo independientemente del biotipo, y un mayor grado de marmoreo en Angus y Angus x Wagyu que en Hereford.

Cuadro No. 2. Grado de marmoreo según genotipo y largo de encierro

Días de encierro	Angus	Hereford	Angus x Wagyu
105 d	493a	375b	479a
259 d	580a	441b	563a

MSA=Meat Standards Australia. Grados: 100 a 1,200 (Meat Standards Australia, 2009).

Fuente: adaptado de Greenwood et al. (2015).

Pethick et al. (2004) sugirieron que un período de alimentación prolongado le da al ganado tiempo para obtener altos niveles de marmoreo, porque se necesita tiempo para que se llegue al peso maduro del animal donde la masa muscular es máxima, seguido de un tiempo para que el músculo se llene de grasa intramuscular.

Sin embargo, algunos estudios han demostrado que la deposición de grasa intramuscular no aumenta de forma lineal a través del tiempo de alimentación. Duckett et al. (1993) estudiando ganado de diferentes edades (24, 25, 26 y 29 meses) y diferentes razas (Simmental, Angus y Hereford) encontraron que el contenido de grasa intramuscular se duplicó entre 84 y 112 días de encierro, pero no difirió de 0 a 84 días o de 112 a 196 días de alimentación. En este sentido, Nash et al. (2001) utilizaron ultrasonografía para monitorear in vivo los cambios en el contenido de grasa intramuscular y predecir el grado de calidad de carne en 71 vaquillonas cruce Angus a través del tiempo de alimentación con concentrados. El número de animales con grado de marmoreo Choice aumentó de 20% en el día 84 a 80% en el día 100 y se mantuvo constante hasta el día 120.

Clarindo et al. (2008) evaluando la respuesta productiva con raciones basadas en sorgo y maíz en combinación con harina de soja y urea, durante 90 días de encierro y separando el experimento en tres períodos, encontraron que el consumo de materia seca aumenta hasta un pico entre 30 y 60 días y luego disminuye hacia los 90 días. En este sentido, Clarindo et al. (2008) también encontraron diferencias en la ganancia diaria promedio y la eficiencia alimenticia a lo largo del experimento con el mismo patrón de comportamiento que para

consumo de materia seca, con valores crecientes hasta el segundo período, seguido de una disminución hasta el final del experimento.

Kirkland et al. (2007) estudiando toros Holstein encontraron que el grado de marmoreo aumentó al aumentar la edad a la faena de 485 días a 610 días, al igual que aumentaron el área de ojo de bife, el grado de engrasamiento interno y la grasa subcutánea. A su vez, el consumo de materia seca no difirió entre los diferentes grupos de edad al sacrificio (temprano: 7,84 kg/día y tardíos: 7,92 kg/día), aunque la eficiencia de conversión de alimento fue más alta en toros que permanecieron más tiempo en el corral (7,54) que en toros que fueron faenados antes (6,88). Esto se explica por una menor tasa de ganancia en los animales que permanecieron más tiempo en el corral (1,07 vs.. 1,14 kg/animal/día).

2.4. EFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA EFICIENCIA DE CONVERSIÓN Y MARMOREO

Elizalde (2015) afirma que el tipo de dieta a utilizar y su formulación afecta en forma importante características de la canal y de la carne. En este sentido Petchik et al. (2004) afirman que el contenido de grasa intramuscular a un mismo peso de carcasa es mayor en animales terminados en feedlot en comparación con animales terminados a pasto (tienen un 40% menos de grasa intramuscular por cada 10 kg. de peso carcasa ganado).

La concentración energética de la dieta afecta positivamente a la ganancia diaria y mejora a la eficiencia de conversión. Esto se consigue a través del aumento en el peso relativo de los alimentos concentrados (fundamentalmente granos), dentro de la dieta total y la disminución de los alimentos voluminosos (ensilaje, fardo, Simeone et al., 2008).

La alimentación a corral con concentrados también trae consigo deseadas características organolépticas, como un color más rojo asociado a un mayor descenso de pH post faena debido a la concentración de ácido láctico, que es proveniente de la alta concentración de glucógeno en músculo. Una mayor terniza debido a pH adecuados (menores a 5,8), una mayor cantidad y mayor solubilidad del colágeno, un incremento de la actividad proteolítica y la potencial actividad glucolítica debido a altas tasas de ganancias previo a la faena (Depetris y Santini, 2005).

2.4.1. Síntesis de lípidos

La deposición de grasa intramuscular es el resultado del equilibrio entre la absorción, la síntesis y la degradación de los triglicéridos, que se forman a partir de ácidos grasos no esterificados y glicerol (Pethick et al., 2004).

El glicerol proviene de la glucosa, mientras que los ácidos grasos se pueden obtener a partir de la síntesis de novo que utiliza como precursores a

diferentes compuestos: glucosa, lactato/propionato o acetato, y también se pueden obtener de forma más directa a través de los ácidos grasos preformados en la dieta (Bauman y Davis 1975, Pethick et al. 2004).

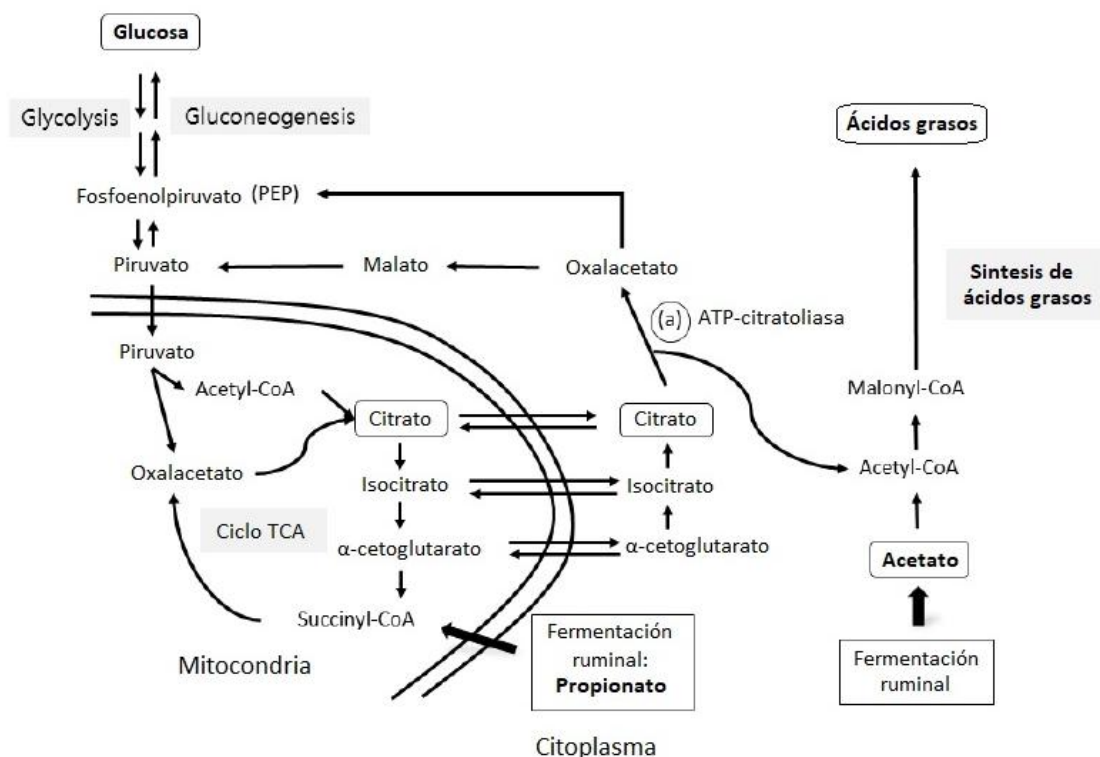


Figura No. 8. Vía de síntesis de ácidos grasos en rumiantes

Fuente: adaptado de Bauman et al. por Park et al. (2018).

Los principales sustratos para la síntesis de ácidos grasos son la glucosa y el acetato (Hanson y Ballard, 1967). El acetato y el propionato producto final de la fermentación ruminal, son utilizados para la síntesis de ácidos grasos mediante la síntesis de novo. El acetato se convierte en acetil-CoA en el citoplasma de las células y éste se usa para sintetizar ácidos grasos. El propionato se transporta a las mitocondrias para ser usado en la producción de glucosa a través de la gluconeogénesis.

La glucosa, que puede provenir del propionato o directamente puede ser absorbida en el intestino delgado, puede generar citrato. El citrato en el citoplasma se degrada en oxalacetato y acetil-CoA por la ATP-citratoliasa, y el Acetil CoA se puede utilizar para la síntesis de ácidos grasos (Bauman et al., 1973). La enzima ATP-citratoliasa y la enzima NADP malato deshidrogenasa son enzimas clave

para la formación de ácidos grasos, y ambas son inducidas en los tejidos adiposos al aumentar la ingesta de energía (Pethick et al., 2004).

Se sabe que la actividad de la ATP-citratoliasa es baja en rumiantes y por ende también la utilización de glucosa para la síntesis de ácidos grasos (Pethick et al., 2004). Sin embargo, en los depósitos de grasa intramuscular, la glucosa es preferida por encima del acetato para la formación de ácidos grasos (Smith y Crouse, 1984).

Rhoades et al. (2007) usando un sistema *in vitro* de tejido adiposo de novillos Angus y Wagyu, encontraron que la tasa de incorporación de glucosa en ácidos grasos fue dos veces mayor que la tasa de incorporación de acetato en los depósitos de grasa intramuscular. Los mismos autores sugirieron que alimentar con una dieta en base a maíz, promovería una mayor producción de propionato en el rumen, lo que aumenta la absorción de glucosa en los depósitos de grasa intramuscular. Mientras que alimentar con una dieta en base a forrajes puede promover la deposición de grasa subcutánea mediante una mayor formación de ácidos grasos a partir de acetato.

Además de los ácidos grasos, se necesita un “esqueleto” de glicerol, suministrado principalmente por glucosa, para la síntesis de triglicéridos. Por lo tanto una mayor disponibilidad de glucosa es importante para proporcionar glicerol para la deposición de grasa intramuscular en rumiantes (Preston et al., citados por Petchik et al., 2004). En este sentido, Pethick et al. (2004) afirman que la disponibilidad de glucosa se ha considerado un factor limitante para la acumulación de grasas, sobre todo en dietas basadas en forraje, que pueden promover un exceso de acetato en relación a la glucosa y, por lo tanto inducen una menor tasa de lipogénesis.

Varios estudios citados por Pethick et al. (2004) indican que los animales consumen hasta saciar sus requerimientos en proteína y esto ha sido utilizado para aumentar el contenido de grasa intramuscular suministrando dietas con deficiencias proteicas en relación a la energía que aumentarían el nivel de ingesta de los animales, sobre todo de energía metabolizable. Esta estrategia trae consigo también mejoras en la eficiencia de conversión según el estudio realizado por Oddy et al., citados por Petchick et al. (2004).

Una solución al limitante nivel de glucosa que se necesita para la formación de triglicéridos es el uso de dietas concentradas que promuevan tanto la máxima fermentación ruminal posible para producir propionato, como la digestión del almidón en el intestino delgado (Pethick et al., 2004). El almidón que es hidrolizado y fermentado en el rumen, aporta menor cantidad de energía para el animal (por pérdidas de calor y gases durante la fermentación), que aquel que una vez convertido en glucosa es absorbida como tal en el intestino delgado (Camps y González, 2001).

Estas dietas suelen asociarse con altos niveles de procesamiento (como el steam flake), que aumentan la accesibilidad del gránulo de almidón a las amilasas microbianas y animales, y maximizan la producción de glucosa para el animal (Petchik et al., 2004). Según estos autores, la formulación de dietas con este concepto puede aumentar la lipogénesis en los sitios intramusculares por varias razones: i) promoverían niveles elevados de hormonas anabólicas (insulina) que se sabe que estimulan la lipogénesis, ii) proporcionarían mayores niveles de energía neta para la lipogénesis y iii) hay evidencia de que los adipocitos intramusculares muestran una preferencia por el carbono de la glucosa/lactato, mientras que el tejido adiposo subcutáneo utiliza principalmente acetato como fuente para la lipogénesis.

Por otro lado, para que ocurra la lipogénesis, se requiere de compuestos como el alfa-glicerol fosfato y acetatos (los cuales generan el ácido malónico y estos a los ácidos grasos); además, se requieren equivalentes reducidos (NADPH) producidos en el ciclo de las pentosas. Todos estos compuestos son producto del metabolismo de la glucosa, siendo el almidón el principal abastecedor de este carbohidrato, por hidrólisis o por gluconeogénesis. Consecuentemente, debido a la alta concentración de almidón en los granos, a medida que incrementa la proporción de los granos en la dieta, incrementa también la tasa de engrasamiento en el vacuno (Fernández, 1998).

2.4.2. Efecto de la fuente de almidón en la producción y calidad de carne

El almidón que pasa inalterado hasta el intestino delgado es, en términos de energía, más eficiente (42% mayor) que aquel que es fermentado a ácidos grasos volátiles en el rumen, con producción de anhídrido carbónico y pérdidas de metano y calor (Camps y González, 2001).

Para determinar el impacto del sitio de la digestión en la eficiencia energética (conversión de energía de la dieta en energía utilizada para la formación de los tejidos), Harmon y McLeod (2001), determinaron la retención de energía en novillos al recibir infusiones de almidón a nivel ruminal e infusiones a nivel abomasal. La infusión abomasal resultó en una eficacia parcial de 0,60 mientras que las infusiones ruminales resultaron en una eficacia parcial de 0,48.

Estos datos demuestran que una ventaja energética puede ser obtenida si el almidón se digiere y se absorbe en el intestino delgado. Harmon y McLeod (2001) reportaron cambios en el sitio de digestión del almidón a lo largo del tracto digestivo. Dicho experimento evaluó la eficiencia energética de la digestión en cada región del tracto gastrointestinal y obtuvo los siguientes resultados: rumen 80%, intestino delgado 97% e intestino grueso 62%.

En un estudio realizado por González et al. (2017) evaluando la digestión ruminal de maíz y sorgo mediante diferentes técnicas, presentan que el sorgo

contiene un mayor nivel de almidón que el maíz, 730 g/kgMs vs.. 715 g/kgMs, respectivamente.

Además, González et al. (2017) revelan que la producción de ácidos grasos volátiles fue similar para ambos cereales, siendo la producción de ácido acético 63,12 mol/100mol para maíz y 91,94 mol/100 mol para sorgo, de ácido propiónico 27,04 mol/100mol para maíz y 28,46 mol/100mol para sorgo, y de butírico 9,83 mol/100mol para maíz y 9,59 mol/100mol para sorgo, no encontrándose diferencias significativas para ninguno de los ácidos grasos entre ambos granos.

Sin embargo, Theurer (1986) encontró una mayor digestibilidad ruminal para el maíz (Cuadro No. 3).

Cuadro No. 3. Digestibilidad aparente y sitio de digestión del almidón de diferentes granos

		Sorgo	Maíz
Proteína	Digestión total en el tracto	55	68
	Digestión total en el tracto	92	96
Almidón	Digestión ruminal	66	73
	Escape ruminal	34	27
	Digestión intestinal	79	82

También es interesante observar que los granos que proporcionan elevada degradación ruminal parecen exhibir mayor digestibilidad del almidón en general (Cuadro No. 3). Así, cuanto menor es el escape ruminal, mayor es la utilización de almidón total. Theurer (1986) llegó a la conclusión de que la cantidad de almidón que escapa a la fermentación ruminal parece ser un factor importante para explicar las diferencias en la digestibilidad total de almidón y la digestibilidad total de la proteína entre los diferentes granos.

En concordancia con lo reportado por Theurer (1986), Herrera-Saldana et al. (1990), afirman que el sorgo presenta la menor degradabilidad ruminal del almidón, lo cual afecta el sitio de digestión y los productos finales de la digestión, así como la digestibilidad total del alimento, y su eficiencia de conversión.

Orskov (1986) plantea que la digestibilidad del almidón tiene ciertas limitaciones fisiológicas, basándose esto en que en el proceso de fermentación del almidón en el rumen ocurren inevitables pérdidas de calor y metano, que ascienden a valores entre 12 y 20% de la ingestión de energía (Huntgate, citado por Orskov, 1986). Por otra parte, destaca que la capacidad para la digestión en el intestino delgado está limitada por la cantidad de amilasa pancreática secretada y el corto período de tiempo durante el cual puede actuar.

Scoton et al. (2008) estudiaron el efecto de raciones basadas en grano húmedo de sorgo y de maíz en toros Red Angus x Nelore de 240 kg alimentados durante 172 días a corral y no se encontraron diferencias significativas en calidad de carne ni rendimientos.

Cuadro No. 4. Resumen de resultados obtenidos en producción y calidad de carne, con raciones basadas en grano húmedo de sorgo y grano húmedo de maíz

Tratamiento	PF	GDP	RC	AOB	EGS	Marm.
Maíz	514	1,5	54,20	73,35	5,12	64,71
Sorgo	524	1,58	53,8	74,61	4,58	66,67

PF= Peso Faena en kg. GDP= Ganancia diaria promedio en kg/día. RC= Rendimiento carcasa en %.AOB= Área de ojo de bife en cm². EGS= Espesor de grasa subcutánea en mm. Marm= Porcentaje de animales sin marmoreo visual (slight según la escala USDA).

Fuente: adaptado de Scoton et al. (2008).

En un trabajo similar, Clarindo et al. (2008) evaluaron la respuesta productiva y la calidad de la carne de toros de la raza Canchim (Nelore x Charolais) y Nelore con un peso inicial de 417 kg. Los animales fueron separados en 4 tratamientos donde se alimentaron por 111 días con cuatro raciones que diferían en la fuente de almidón (sorgo o maíz) y en la fuente proteica (urea y harina de soja). Los resultados obtenidos indican que no hubo diferencias de consumo entre maíz y sorgo, aunque si lo hubo en el último período del experimento como se explicó anteriormente donde el maíz obtuvo un mayor consumo de materia seca hacia el final del encierro. Tampoco se encontró diferencias en ganancia diarias siendo 1,385 kg/d para maíz y 1,294 kg/día para sorgo, ni diferencias en eficiencia de conversión o espesor de grasa subcutánea.

Owens et al. (1997) en una revisión sobre el efecto en la producción de novillos a feedlot de diferentes procesamientos del grano de maíz y sorgo entre otros, concluyeron que la eficiencia de conversión para sorgo fue menor que para maíz y el resto de los granos (excepto avena). A su vez, ambos granos fueron los que obtuvieron la menor digestibilidad ruminal y total cuando no fueron

procesados. Las raciones basadas en maíz obtuvieron en promedio mejor eficiencia de conversión que las de sorgo y mejor nivel de energía metabolizable por kilogramo de materia seca debido a una mejor digestibilidad del almidón de maíz.

Cuadro No. 5. Resumen de resultados obtenidos al comparar diferentes métodos de procesamiento sobre el grano de maíz y el de sorgo

	Maíz	Sorgo
CMS kg/d	8,93b	9,43a
EC	6,32b	6,88a
EM Mcal/kg	3,42a	3,22b

CMS= Consumo de materia seca en kg/día. EC= Eficiencia de conversión. EM= Energía metabolizable en base seca en Mcal/kg.

Fuente: adaptado de Owens et al. (1997).

En un trabajo realizado por Huck et al. (1998) se estudió el efecto de combinar steam flake de sorgo en diferentes proporciones con diferentes procesamientos del grano de maíz, en vaquillonas de 300 kg, durante 137 días. Se observó que a medida que se sustituyó el steam flake de maíz por steam flake de sorgo las vaquillonas tuvieron una menor ganancia diaria, una peor eficiencia de conversión y un menor peso carcasa. No encontraron diferencias significativas para consumo de materia seca, grasa subcutánea, grado de calidad (USDA), ni marmoreo.

De la misma manera, en otra investigación realizada por Huck et al. (1998), se estudió el efecto de la sustitución de grano rolado seco de maíz, grano húmedo de maíz o steam flake de maíz por steam flake de sorgo, en novillos Charoláis de 345 kg PV, durante 139 días. No se obtuvieron diferencias para el consumo de materia seca. La ganancia diaria y la eficiencia de conversión fue mayor para los granos procesados mediante steam flake, siendo dentro de este grupo el steam flake de maíz el que obtuvo los mejores resultados. No se observó diferencias significativas en marmoreo o grado de engrasamiento entre las diferentes dietas.

Cuadro No. 6. Resultados obtenidos en producción y calidad de carne, con raciones en base a steam flake de maíz y steam flake de sorgo

	Steam flake maíz	Steam flake sorgo
Peso vivo inicial (kg)	351	353
Peso vivo final (kg)	620	619
CMS (kg/día)	10,3	10,4
Ganancia diaria (kg/día)	1,96 d	1,91 cd
EC (ganancia/consumo)	0,190 d	0,184 cd
Peso carcasa (kg)	384	383
Marbling Score	362	350
Choice + Prime, %	39,3	34,7

Marbling score= grado de marmoreo en la escala USDA. CMS= consumo de materia seca

Fuente: adaptado de Huck et al. (1998).

2.5. HIPÓTESIS

En corrales de larga duración, la fuente de almidón utilizada en la dieta (maíz vs. sorgo) afecta la eficiencia de conversión del alimento, peso de canal y grado de marmóreo de la carne de novillos Hereford. Sin embargo, la magnitud de este efecto podría variar dependiendo de la edad del animal al ingreso al corral (18 vs. 30 meses).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. PERÍODO Y ÁREA EXPERIMENTAL

El experimento fue realizado en corrales de encierro de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía. La misma se ubica en Paysandú, Uruguay, a 32° 20'9" Latitud Sur, 58° 2'22" de Longitud Oeste y a 61 metros sobre el nivel del mar.

El período experimental fue de 161 días, comenzando el 4 de abril y finalizando el 2 de octubre de 2018.

3.2. CLIMA

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 No. 7 se presentan los valores medios mensuales históricos para temperatura (T), humedad relativa (HR) y precipitaciones para los meses de junio a setiembre en Paysandú.

Cuadro No. 7. Temperatura (T), humedad relativa (HR) y precipitaciones (RR) medias mensuales históricas para Paysandú

Variable	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
T (°C)	8	14,8	11,7	11,8	12,9	14,6
HR (%)	5	77	80	79	75	73
RR (mm)	03	77	70	71	73	91

Fuente: MDN. DNM (s.f.)

3.3. ANIMALES

Se utilizaron 32 animales de raza Hereford pertenecientes al rodeo experimental de la EEMAC; 16 novillos nacidos en la primavera 2015 (385 ± 72 kg) y 16 novillos nacidos en la primavera 2016 ($313 \pm 56,5$ kg).

3.4. CORRALES

Se utilizaron 8 corrales a cielo abierto (20 m de largo por 10 m de ancho), separados por dos hilos eléctricos y en la periferia delimitada por 6 hilos de alambre fijo eléctrico. Cada corral provisto de bebedero con agua a voluntad y un comedero de hormigón con 250 cm de frente de ataque.

El terreno donde se encontraban los corrales presentaba una pendiente de 2,5% orientada de Sur a Norte.

3.5. ALIMENTOS

Fueron formuladas dos raciones totalmente mezcladas difiriendo en la fuente principal de almidón, una en base a grano de sorgo y otra en base a grano de maíz, ambos molidos. Las mismas se formularon para una ganancia diaria en torno a 1,5 kg y de forma que fueran iso-proteicas. La composición de ingredientes y nutricional de cada dieta se presenta en el Cuadro No. 8.

Cuadro No. 8. Composición de la dieta

Ingredientes (%)	RTM maíz	RTM sorgo
Heno de moha	20	20
Grano de sorgo molido	0,0	53,3
Grano de maíz molido	53,3	0,0
Afrechillo de trigo	25,1	24,7
Urea	0,47	0,87
Zoodry feedlot	0,07	0,07
Carbonato de calcio	0,80	0,80
Sal común Na Cl	0,20	0,20
Rumensin (10% monensina)	0,017	0,017
Total	100	100

Composición química

% Materia seca	89,55	90,21
Cenizas (%)	5,62	5,49
Proteína cruda (%)	14,31	13,63
NIDA. (N x 6.25)	1,73	1,69
aFDNmo	39,81	39,41
Extracto etéreo (%)	3,31	3,16
Energía Bruta (Mcal/kg MS)	4,46	4,25

NIDA= Nitrógeno insoluble en detergente ácido. RTM= Ración totalmente mezclada.

El picado del fardo se realizó con un mixer Mary modelo M65. El tamaño de la partícula fue de aproximadamente 8 centímetros.

3.6. TRATAMIENTOS

Los animales dentro de cada categoría fueron sorteados en 4 grupos y estos distribuidos al azar a una de las dos dietas experimentales (base maíz y base sorgo); dando lugar a cuatro tratamientos con dos repeticiones (4 novillos/repeticón), en un arreglo factorial 2×2 (Cuadro No. 9).

Cuadro No. 9. Tratamientos

Tratamiento	Edad	Dieta
1	2 años	Maíz
2	3 años	Maíz
3	2 años	Sorgo
4	3 años	Sorgo

3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Dentro del procedimiento experimental se pueden diferenciar las siguientes etapas: período de pre-experimental de acostumbramiento, seguido del período experimental, el cual comprendió la fase de alimentación en confinamiento y faena y post faena.

Las dietas fueron ofrecidas *ad libitum*.

3.7.1. Acostumbramiento

Entre el 4 y el 24 de abril se realizó el acostumbramiento gradual de los animales a las nuevas dietas experimentales e instalaciones.

Previo a este período, todos los animales se encontraban en las mismas condiciones, pastoreando campo natural con oferta no restrictiva.

Cada animal fue colocado desde el día 1 en su respectivo corral.

Se comenzó suministrando 7 kg de heno de moha y 1 kg de concentrado a los animales de 2 años de edad; y 8 kg de heno de moha y 1kg de concentrado a los de 3 años de edad. La cantidad de heno se mantuvo durante 7 días aumentando el concentrado a razón de un 1 kg por día; a partir del octavo día se empezó a disminuir gradualmente el heno, quitando 1kg por día hasta llegar a una relación concentrado/voluminoso 80:20.

El alimento fue suministrado 2 veces al día: a las 8:00 hs y 14:00 hs. Antes de suministrar la primera comida se retiró el rechazo del día anterior.

Al inicio de esta etapa todo el ganado fue tratado con Ricoverm para el control de parásitos internos y Calify plus para el control de parásitos externos.

3.7.2. Período de confinamiento, faena y post faena

Esta fase duró desde el 25 de abril hasta el 1 de octubre. Todos los tratamientos fueron faenados a fecha fija el 02/10/2018 en planta comercial.

Y la cantidad de alimento ofrecido fue ajustado mediante lecturas de comederos diarias, aumentando de a 5% cuando fue necesario según los rechazos.

Durante el período experimental, el alimento se suministró en tres comidas diarias: 7:00, 12:00 y 17:00 horas.

La cantidad a ofrecer en cada comida fue $\frac{1}{3}$ del total de la ración diaria. Antes de la primera comida se retiró el rechazo del día anterior.

Se suministró agua *ad libitum*, reponiendo a diario y limpiando los bebederos semanalmente.

Durante este período, se dosificó todo el ganado con Neumosán para la prevención de enfermedades respiratorias y se realizó un análisis de tuberculosis.

La última medición de peso vivo coincidió con la finalización del período experimental, fue realizada el 1/10/18 realizándose la faena de los novillos a fecha fija, el 2/10/18, en una planta frigorífica comercial de la ciudad de Paysandú.

3.8. REGISTROS Y MEDICIONES

3.8.1. Peso vivo

El primer registro de peso vivo se hizo el 25 de abril y luego cada 14 días, coincidiendo la última pesada con el peso de embarque de los novillos previo a la faena.

Las pesadas se realizaron con balanza electrónica en las instalaciones de la estación experimental, a las 8 de la mañana sin ayuno previo, y antes de la primera comida.

3.8.2. Consumo de materia seca

El rechazo diario de alimento fue pesado para cada corral, y el consumo diario de materia seca (CMS) determinado a partir de la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado.

El alimento ofrecido y el rechazo fue muestreado semanalmente para la determinación del contenido de materia seca, secando en estufa de aire forzada a 60°C hasta peso constante (48 hs).

3.8.3. Comportamiento animal y patrón de consumo

El comportamiento animal fue caracterizado mediante observación directa durante el período de horas luz (7:00 a 18:30 hs), registrando cada 10 minutos la actividad que realizaba cada animal: consumo de alimento (C), consumo de agua (A), rumia parado (RP), rumia acostado (RA), descanso parado (DP) o descanso acostado (DA). La medición se realizó en todos los animales del experimento.

Además se cuantificó el patrón de consumo, donde se procedió a pesar la cantidad de comida no consumida entre cada comida.

Estas observaciones se realizaron en tres momentos que comprendieron los días 12 y 13/06/2018, 10 y 11/07/2018, y 04 y 05/08/2018.

3.8.4. Digestibilidad aparente

Para el cálculo de la digestibilidad aparente se tomaron muestras del alimento ofrecido, de las RTM y de la fuente de fibra, los días previos a realizar cada comportamiento animal. Estas muestras fueron pesadas antes y después de

ser secadas, posteriormente fueron procesadas en un molino y enviadas al laboratorio. Se realizó el mismo procedimiento con los rechazos obtenidos de los días que se observó el comportamiento animal.

Además se tomaron muestras de heces de los días que se observó el comportamiento animal, se congelaron dichas muestras que luego fueron pesadas tanto en fresco como en seco y procesadas en un molino para ser enviadas al laboratorio.

La DMS fue estimada a partir de la concentración de cenizas insolubles en detergente ácido utilizada como marcador interno (Van Keulen y Young, 1977) en el alimento y en heces. Durante tres períodos donde se registraron los datos del comportamiento animal, se tomaron muestras de heces de todos los animales una vez al día así como del alimento ofrecido y rechazado, las que fueron luego compuestas en una muestra de heces, alimento ofrecido y rechazos por corral.

3.8.5. Mediciones en faena

A primera hora de la mañana del 2/10 se pesaron los animales en la planta frigorífica, registrándose el peso en primera balanza, pasando más tarde a la planta de faena.

Se registró peso de la media res caliente (canal derecha e izquierda) y seguidamente se hizo la clasificación INAC (escala INACUR) y su correspondiente grado de terminación (escala de 0 a 4) de todos los novillos (INAC, s.f.).

Luego del sacrificio las carcasas permanecieron en cámaras de frío y a las 36 horas se tomaron registros de pH, color de la carne, grado de marmoreo, área de ojo de bife, espesor de grasa, color de grasa.

El pH se midió con un peachímetro HANNA con electrodo de penetración de carne, con regulación de temperatura ambiente.

El color de la carne y de la grasa se registró a través de un colorímetro Minolta CR-300, a nivel del *Longissimus dorsi* y utiliza el sistema CIELAB de registros de colores, midiéndose los parámetros L (luminosidad), a (índice de rojo) y b (índice de amarillo).

El espesor de la grasa se midió con una regla, en el corte pistola a nivel de la 12^a. costilla.

El grado de marmoreo fue determinado entre la 12^a. y 13^a. costilla visualmente utilizando la escala de marmoreo USDA clasificándolos en prácticamente desprovisto, trazas, ligero, pequeño, modesto, moderado, ligeramente abundante, moderadamente abundante y abundante (USDA, 2006).

Se calcó en cada canal el área de ojo de bife con láminas de acetato, luego se midió de manera estimativa con una regla cuadrículada.

Para el análisis instrumental de la terneza se utilizaron muestras de 2,5 cm de espesor del músculo *Longissimus dorsi* de la porción costal comprendida entre la 10^a. costilla y 2^a. vértebra lumbar. Las muestras fueron envasadas al vacío y maduradas 7 días, entre 1 y 4°C para la posterior determinación de la fuerza de corte. La terneza fue medida con el método Warner- Bratzler.

3.8.6. Análisis químico

Las muestras secas de alimento ofrecido y de cada ingrediente (fardo y ración de maíz y de sorgo) de la ración totalmente mezclada y los rechazos tomadas semanalmente fueron molidas (1 mm) y luego agrupadas en una muestra compuesta por repetición para el ofrecido y del rechazo.

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

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

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

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

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

3.8.7. Registros climáticos

Los registros de temperatura y precipitaciones para el período experimental (ver Anexo No. 6) fueron tomados diariamente en la estación meteorológica de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado según un diseño de parcelas al azar de 4 tratamientos con dos repeticiones, en un arreglo factorial de 2 x 2, dos dietas (maíz y sorgo) x dos edades (1,5 años y 2,5 años), analizando su interacción. Se utilizaron diferentes procedimientos dentro del paquete estadístico SAS (SAS, 1999).

El efecto de los tratamientos sobre la ganancia media diaria fue analizado usando un modelo de heterogeneidad de pendientes de medidas repetidas en el tiempo. En el mismo se estudió la evolución del PV en función del tiempo transcurrido, utilizando procedimiento Mixed de SAS, según el modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \beta_0 + \gamma_i + \alpha_j + \tau_k + (\alpha\tau)_{jk} + \varepsilon_{ijkl} + \beta_1 dl + \beta_{1j} \alpha_j dl + \beta_{1k} \tau_k dl + \beta_{1jk} (\alpha\tau)_{jk} dl + \delta_{ijkl}$$

Siendo:

Y_{ijkl} = peso vivo

β_0 = intercepto

γ_i = efecto del la i-ésimo bloque de peso vivo (1,2,3)

α_i = efecto de la j-ésima edad (1,2)

τ_j = efecto de la k-ésima tipo de grano (1,2)

$(\alpha\tau)_{ij}$ = interacción entre edad y tipo de grano

ε_{ijk} = error experimental (entre animales)

β_1 = pendiente promedio (ganancia diaria) del PV en función de los días (dl)

β_{1i} = pendiente para cada edad (α_j)

β_{1j} = pendiente para cada tipo de grano (τ_k)

β_{1ij} = pendiente de la combinación edad por tipo de grano ($\alpha\tau$)_{jk}

δ_{ijkl} = error de la medida repetida (dentro de animales)

Las variables continuas con medidas repetidas en el tiempo, como las asociadas al consumo y digestibilidad aparente, analizaron utilizando el procedimiento Mixed de SAS según el modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + \gamma_i + \alpha_j + \tau_k + (\alpha\tau)_{jk} + \varepsilon_{ijkl} + M_m + (\alpha M)_{jm} + (\tau M)_{km} + (\alpha\tau M)_{jkm} + \delta_{jkm}$$

Siendo:

Y_{ijklm} = variable de respuesta

μ = media poblacional

γ_i = efecto del la i-ésimo bloque de peso vivo (1,2,3)

α_j = efecto de la i-ésima edad (1,2)

τ_k = efecto de la j-ésima tipo de grano (1,2)

ε_{ijk} = error experimental

M_m = efecto relativo al m-ésimo momento de medición

δ_{ijk} = error experimental del i-ésimo tratamiento, j-ésima repetición y k-ésimo momento de medición

Las variables describiendo la calidad de canal y carne se analizaron utilizando el procedimiento GLM de SAS según el modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

Siendo:

Y_{ijklm} = variable de respuesta

μ = media poblacional

γ_i = efecto del la i-ésimo bloque de peso vivo (1,2,3)

α_j = efecto de la i-ésima edad (1,2)

τ_k = efecto de la j-ésima tipo de grano (1,2)

ε_{ijkl} = error experimental

Las medias fueron comparada mediante la prueba de Tukey, considerándose que hubo significativo cuando la probabilidad error tipo I $\leq 5\%$. Se consideró una tendencia cuando dicha probabilidad fue $>5\%$ y $<10\%$

4. RESULTADOS

4.1. PRODUCCIÓN DE CARNE

En el Cuadro No. 10 se presenta el efecto de la edad, tipo de dieta y la interacción entre ambos factores sobre las variables de performance a corral de los novillos. Para ninguna de las variables se registró efecto de la interacción ni del tipo de dieta. La edad de los novillos tuvo efecto significativo sobre las variables peso final y consumo de MS. (kg/día). Además, se registró una tendencia en altura inicial, y eficiencia de conversión a favor de los animales de menor edad.

Cuadro No. 10. Efecto del tipo de dieta (D) y la edad (E) sobre el crecimiento, consumo y eficiencia de conversión del alimento para novillos Hereford durante la fase de alimentación a corral

Tipo de dieta *	Maíz		Sorgo		P-valor		
Edad (años)	2	3	2	3	D	E	D*E
Peso inicial (kg)	351	419	340	421			
Peso final (kg)	585	671	594	677	0,634	0,006	0,927
Altura inicial (cm)	127,3	130,2	128,7	132,1	0,242	0,054	0,840
Altura final (cm)	147,0	149,2	149,2	152,2	0,365	0,365	0,877
Ganancia diaria (kg/día)	1,54	1,60	1,61	1,62	0,539	0,65	0,803
Eficiencia de conversión	7,81	9,48	8,47	9,86	0,477	0,08	0,845
Consumo de MS (kg/día)	12,54	14,9	13,5	15,6	0,231	0,018	0,853
Consumo (%PV)	2,5	2,6	2,7	2,7	0,260	0,731	0,676

Peso final= Peso vivo final registrado previo al embarque de los animales. Altura final= altura en centímetros medida al anca al final del experimento. MSD.= materia seca digestible. * La principal fuente de almidón que varió fue maíz vs.. sorgo, que representa un 53.3% de la materia seca de la RTM.

4.1.1. Evolución de peso vivo y ganancia diaria

En la Figura No. 9 se puede observar la evolución del peso vivo según la semana del experimento, delimitado por tercios para de esta forma se pueda comprender mejor la ganancia media diaria.

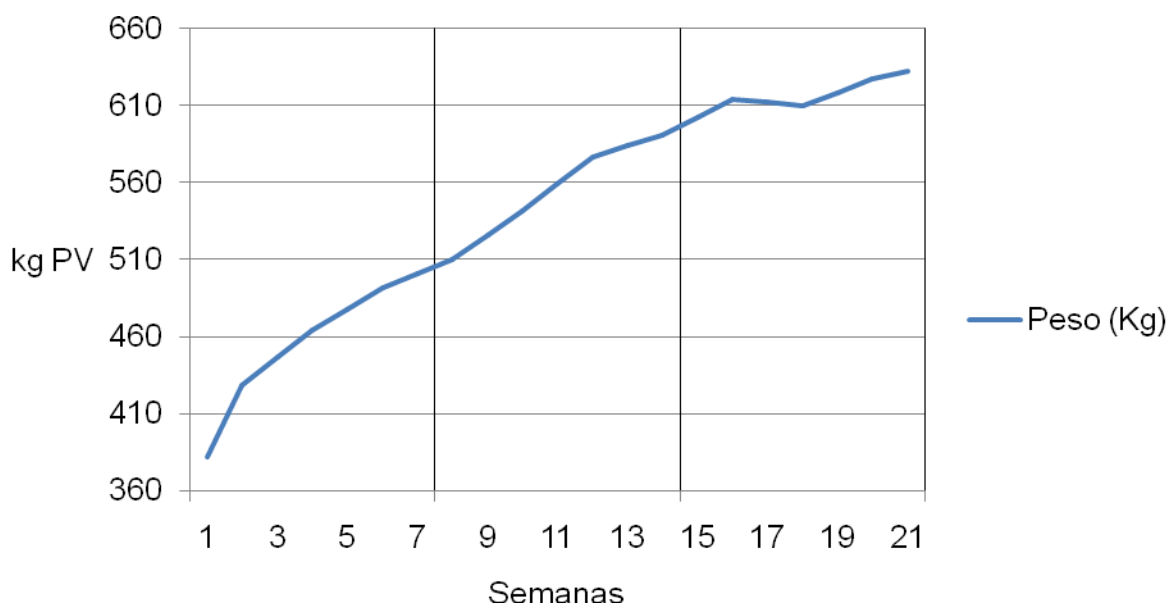


Figura No. 9. Evolución del peso vivo en función de las semanas

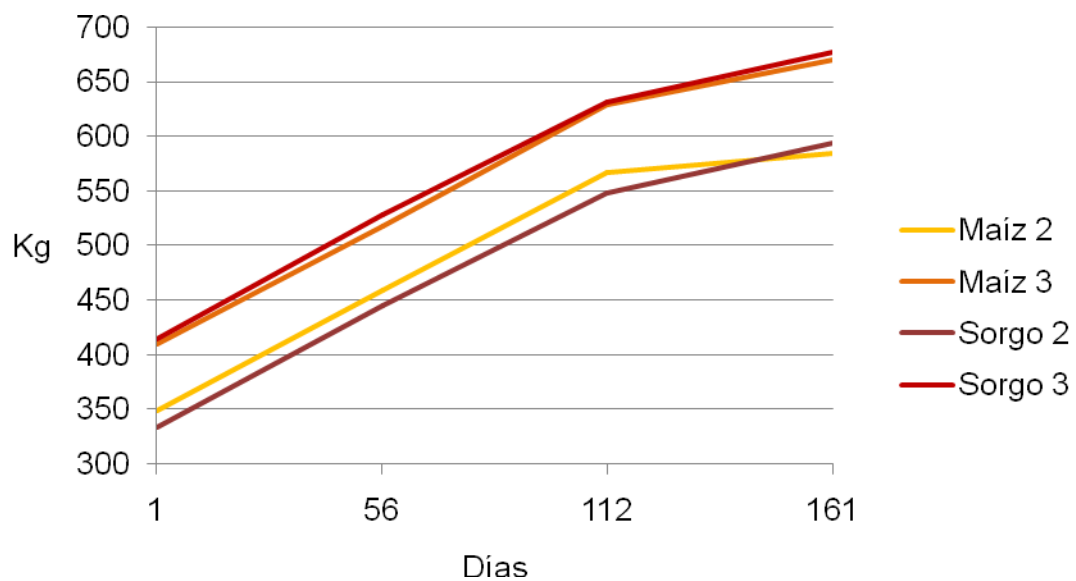


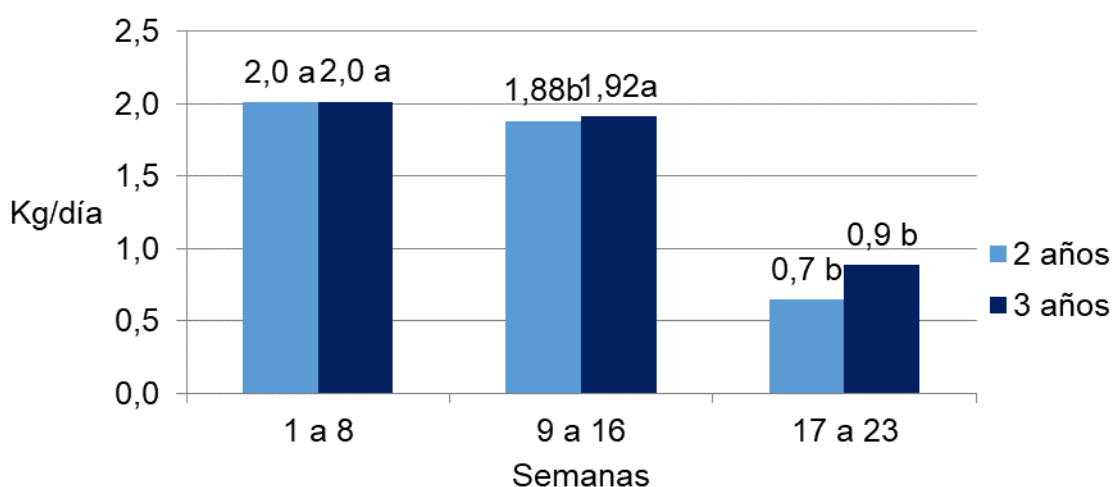
Figura No. 10. Evolución del peso vivo según tratamiento

La edad de los animales afectó significativamente el peso vivo final. Los tratamientos de 3 años de edad obtuvieron un mayor peso vivo final, no encontrándose diferencias significativas al variar la dieta. Esto es el resultado de

un peso inicial mayor en los animales de 3 años, y de similares tasas de ganancias diarias promedio (1,61kg/día) a lo largo del experimento con relación a los de 2 años (1,57kg/día).

La edad no fue una fuente significativa de variación en la ganancia diaria promedio, por otro lado el tiempo de permanencia en el corral fue una fuente de variación significativa para la ganancia diaria promedio, obteniendo menores ganancias diarias en el tercer período experimental.

En la Figura No. 11 se observa la ganancia diaria promedio según la edad agrupada en tres períodos diferentes dentro del período experimental.



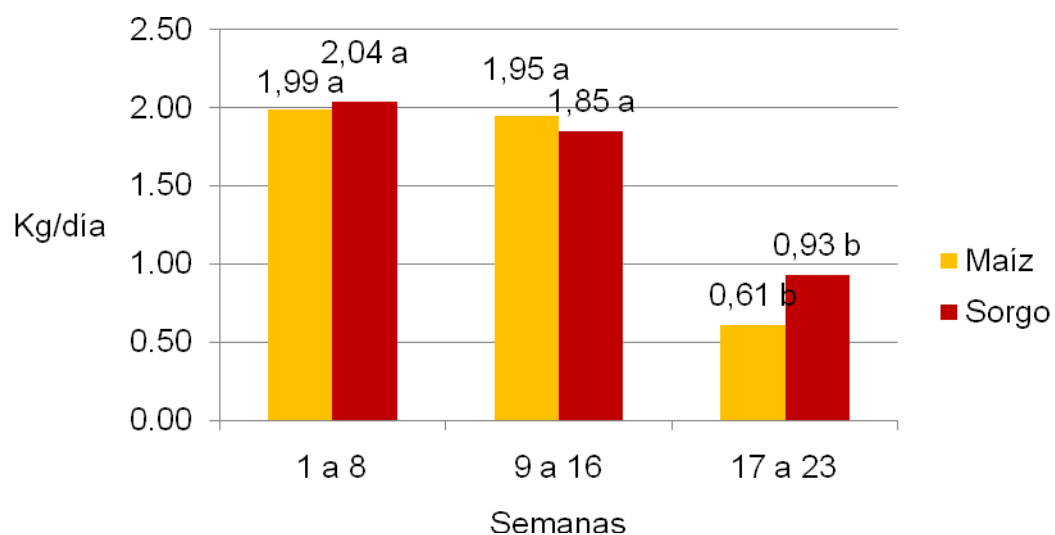
Medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

Figura No. 11. Ganancia diaria promedio de peso vivo en kg/día agrupada en tres períodos diferentes según la edad de los animales

La edad no fue una fuente significativa de variación en la ganancia diaria promedio, por otro lado el tiempo de permanencia en el corral fue una fuente de variación significativa para la ganancia diaria promedio, obteniendo menores ganancias diarias en el tercer período experimental.

En la Figura No. 12 se observa la ganancia diaria promedio según la dieta agrupada en tres períodos diferentes dentro del período

experimental.



Medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

Figura No. 12. Ganancia diaria según base de la dieta evaluada en tres períodos

4.1.2. Consumo y eficiencia de conversión

4.1.2.1 Consumo

En el Cuadro No. 11 se presentan los resultados obtenidos del consumo de MS expresado en kg/día y en porcentaje de peso vivo.

Cuadro No. 11. Consumo de materia seca expresado en kg/día y en porcentaje del peso vivo

Tipo de dieta	Maíz		Sorgo						
Edad (años)	2	3	2	3	D	E	D*E	S	S*D*E
Consumo de MS (kg/día)	12,54	14,9	13,5	15,6	0,231	0,018	0,853	<,0001	0,002
Consumo (%PV)	2,5	2,6	2,7	2,7	0,260	0,731	0,676	<,0001	0,001

El consumo de materia seca fue afectado por la edad, registrándose para el promedio del período experimental mayor consumo para los novillos de 3 años con relación a los de 2 años (15,2 vs. 13,2 kg/día; $P=0,018$) independientemente de la fuente de almidón, la cual no tuvo efecto significativo (Cuadro No. 10). Sin embargo, también se detectó un efecto significativo de la semana ($P<0,0001$) así como de las interacciones dobles $S \times D$ ($P<0,0001$) y $S \times E$ ($P=0,0036$) y de la interacción triple $S \times D \times E$ ($P=0,0023$). Como se puede observar en la Figura No. 13 los tratamientos de 3 años presentaron mayor consumo de materia seca durante todo el período experimental, pero en la semana 17 hubo un descenso del consumo en los novillos de dos años que consumían maíz.

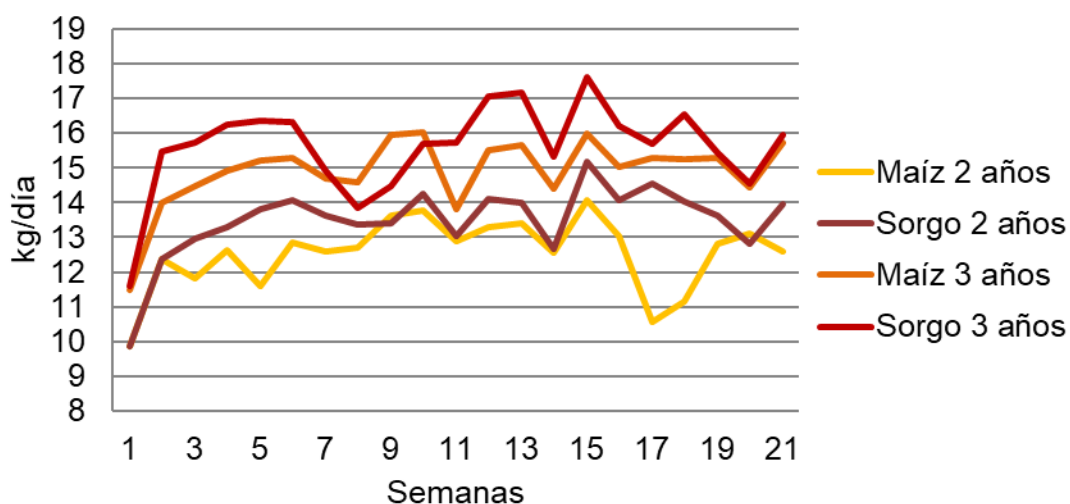


Figura No. 13. Evolución del consumo de materia seca expresada en kilogramos por día según tratamiento en el período experimental

El consumo de materia seca expresado en porcentaje de peso vivo no fue afectado por la edad de los animales ($P=0,73$), ni por la fuente de almidón ($P=0,26$; Cuadro No. 10). Sin embargo, se detectó un efecto muy significativo de la semana ($P<0,0001$) así como de las interacciones dobles $S \times D$ ($P<0,0001$) y un efecto significativo en interacción doble $S \times E$ ($P=0,0088$) y de la interacción triple $S \times D \times E$ ($P=0,0007$). Como se puede observar en la Figura No. 13 los 4 tratamientos presentaron similar consumo de materia seca expresado en porcentaje de peso vivo durante todo el período experimental, pero en la semana 17 hubo un descenso del consumo en los novillos de 2 años que consumían maíz.

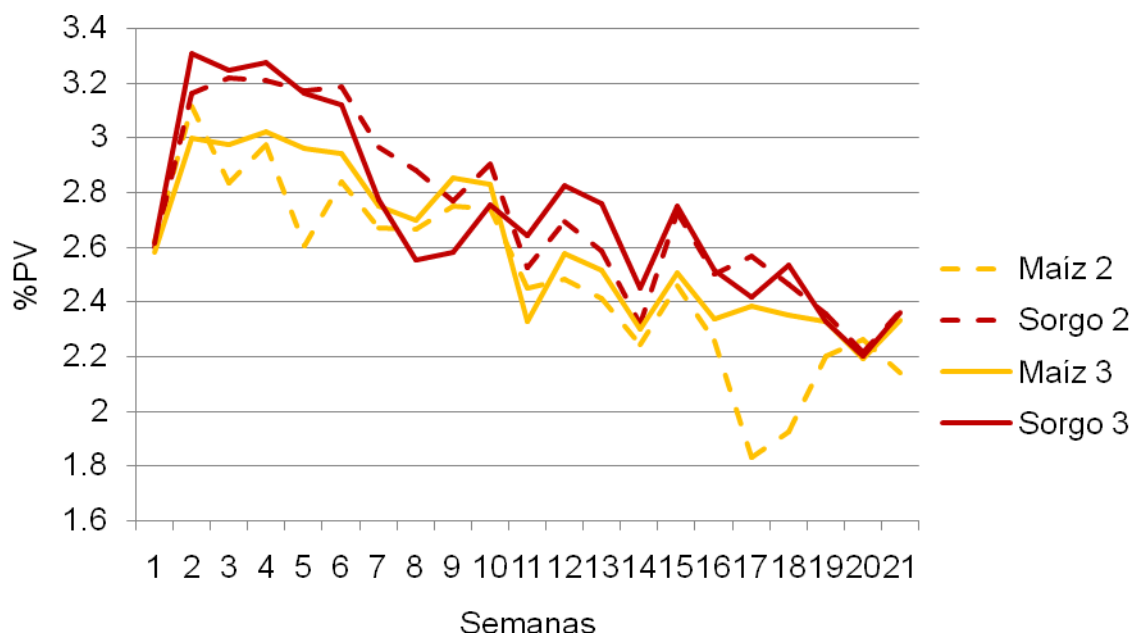


Figura No. 14. Evolución del consumo diario de materia seca expresado como porcentaje del peso vivo

Como se puede observar en la Figura No. 15 el comportamiento obtenido sobre el consumo alcanzó una cierta estabilidad a partir de la semana 5 y el peso vivo siguió aumentando hasta la semana 21, resultando en menores consumos expresados en porcentaje del peso vivo.

Con respecto al rechazo, los valores promedios a lo largo del período experimental fueron de 10% para animales de 2 años alimentados en base a maíz, 8,5 % para animales de 2 años alimentados en base a sorgo, 7,9% para animales de 3 años alimentados en base a maíz y 9,2% para animales de 3 años alimentados en base a sorgo, por lo que se puede concluir que cuando se habla del consumo de materia seca, todos los animales fueron alimentados *ad libitum*.

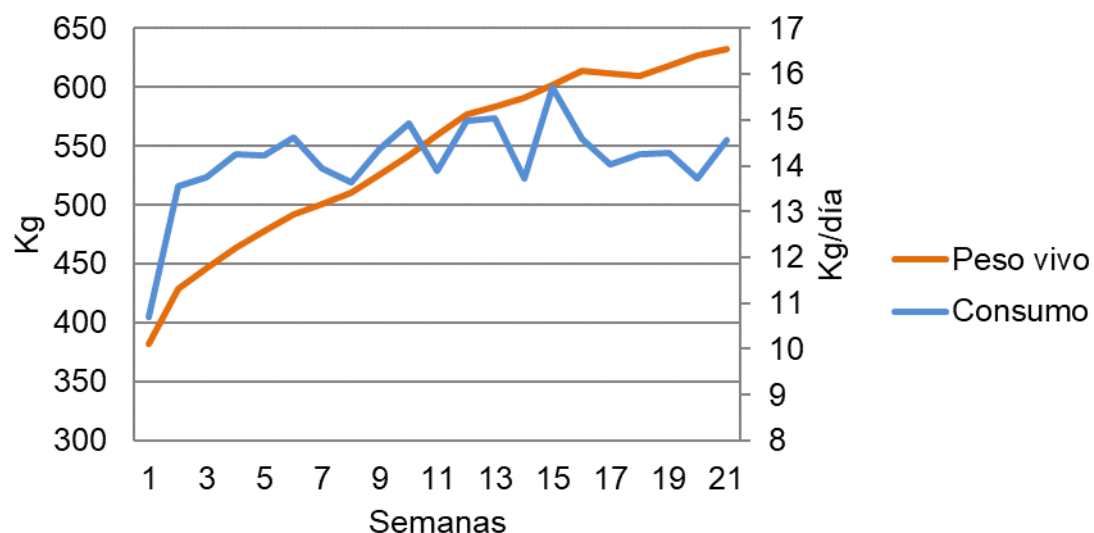
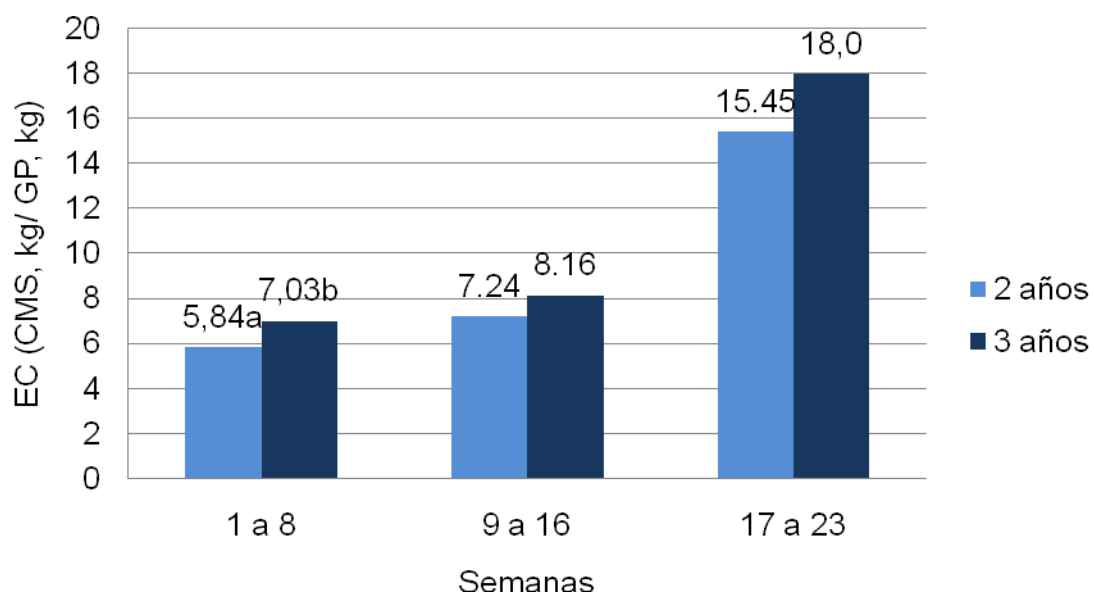


Figura No. 15. Evolución del peso vivo y el consumo de materia seca diario dentro del período experimental

4.1.2.2. Eficiencia de conversión

Los novillos de 2 años tendieron a presentar mejor EC promedio para todo el período de permanencia en el corral (8,14 vs. 9,67, $P=0,08$) independientemente del tipo de dieta (Cuadro No. 10). Esta tendencia, estaría dada por a una mejor EC en las primeras 8 semana de alimentación donde se registró diferencias significativas ($P=0,008$; Figura No. 16), no detectándose diferencias significativas en los períodos correspondientes a las semana 9 a la 16 y de 17 a la 23 ($P>0,10$).

A lo largo de período experimental la eficiencia de conversión aumentó en todos los tratamientos, siendo de gran magnitud en el último período analizado, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.



Medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente ($P < 0,05$)

Figura No. 16. Eficiencia de conversión según edad evaluada en tres períodos

En la Figura No. 17 se encuentra representada la evolución de la eficiencia de conversión según la dieta, conforme avanza el período de estudio. La dieta no fue fuente de variación para la eficiencia de conversión.

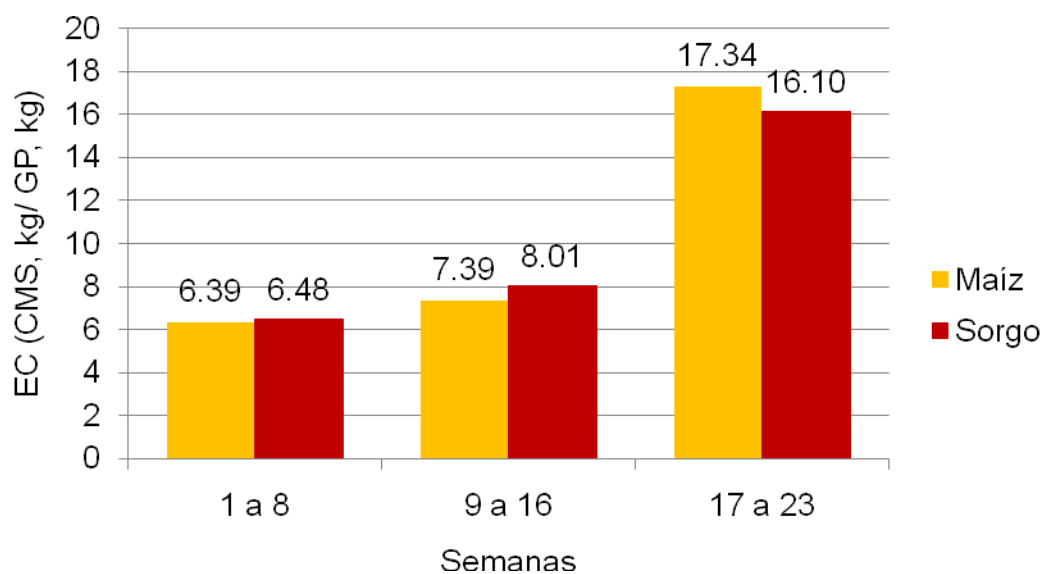


Figura No. 17. Eficiencia de conversión según dieta evaluada en tres períodos

4.1.3. Digestibilidad aparente de la MS, MO, EB y consumo de MSD, MOD, EM, ED

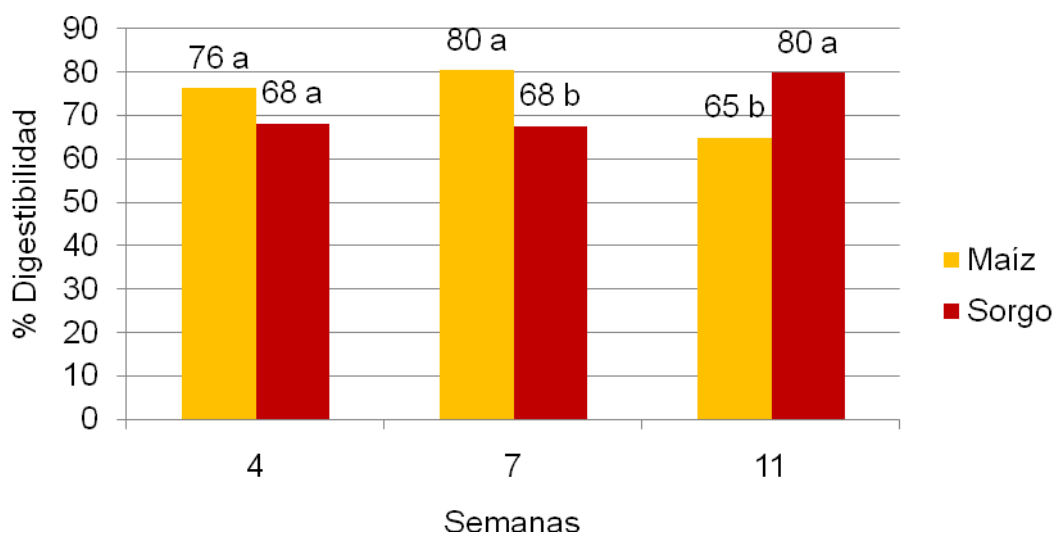
La digestibilidad de la MS de la dieta no fue afectada por la fuente de almidón (sorgo 71,9%, maíz 73,9%, $P=0,46$), o la edad (2 años: 71,0%, 3 años: 74,9%; $P=0,19$), ni por la interacción entre ambos factores ($P=0,29$). Sí se observó una interacción significativas grano por semana ($P=0,0001$).

Cuadro No. 12. Digestibilidad aparente de la MS, MO, EB y el consumo de MSD, MO, EM promedio de cada tratamiento

	Sorgo		Maíz		P-Valor		
	2 años	3 años	2 años	3 años	D	E	D*E
DMS	71.48	72.36	70.5	77.35	0.46	0.19	0.29
DMO	73,35	74,27	72,55	79.35	0,43	0,19	0,29
DEB	71,57	73,81	71,20	77,33	0,67	0,29	0,60
CMSD	9,78	11,54	9,15	11,64	0,35	<0,0001	0,20
CMOD	9,47	11,18	8,90	11,29	0,40	<0,0001	0.22
CEM	35,82	42,92	32,19	40,49	0,02	<0,0001	0,58
CED	9,47	11,18	8,9	11,28			

DMS= digestibilidad de materia seca. DMO= digestibilidad de materia orgánica. DEM= digestibilidad de energía bruta. CMSD= consumo de materia seca digestible. CMO= consumo de materia orgánica. CEM= consumo de energía metabolizable.

Como se puede observar en la Figura No. 18 la digestibilidad varió sin una tendencia clara al pasar el tiempo dentro del experimento, encontrándose un pico de digestibilidad para el sorgo en la semana 11 y para el maíz en la semana 7.

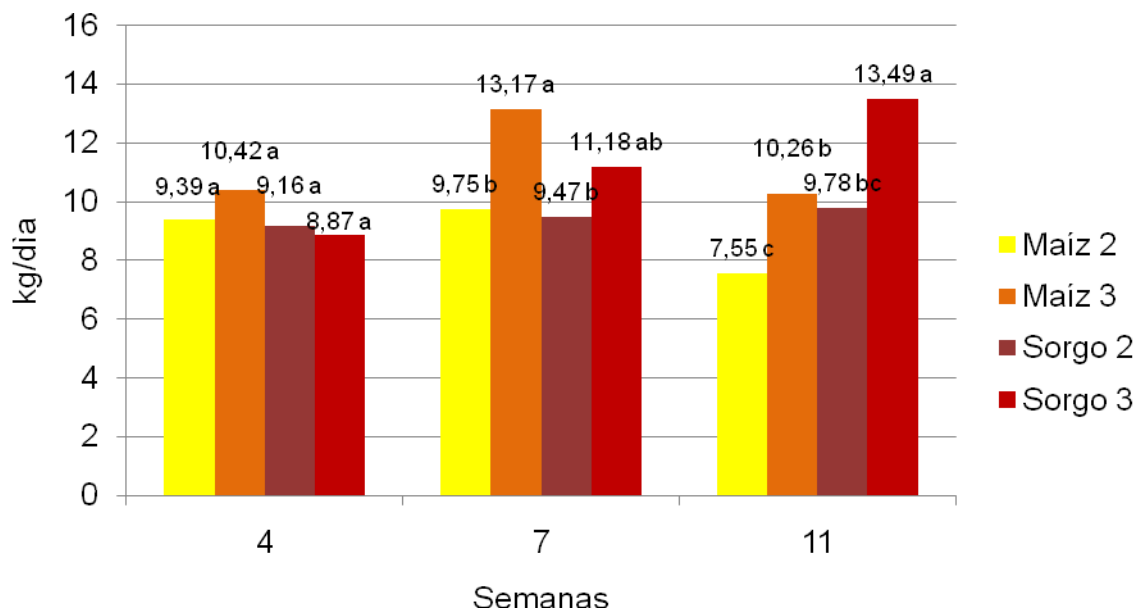


Medias dentro de semana seguidas de diferente letra difieren estadísticamente. ($P < 0,05$)

Figura No. 18. Digestibilidad de las dietas basadas en grano de sorgo o maíz según semana de evaluación

4.1.4.1. Consumo de materia seca digestible

Los animales de 3 años independientemente del grano utilizado fueron los que consumieron más materia seca digestible en el promedio del experimento, esto puede deberse a un mayor peso vivo y baja diferencia en consumo según porcentaje del peso vivo.



Letras diferentes difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

Figura No. 19. Evolución del consumo de materia seca digestible para todos los tratamientos

4.1.4.2. Digestibilidad de la energía bruta

La digestibilidad de la energía bruta no fue afectada significativamente por la interacción Dieta x Edad.

Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en la edad, siendo 71,38% en animales de 2 años y 75,57% en animales de 3 años.

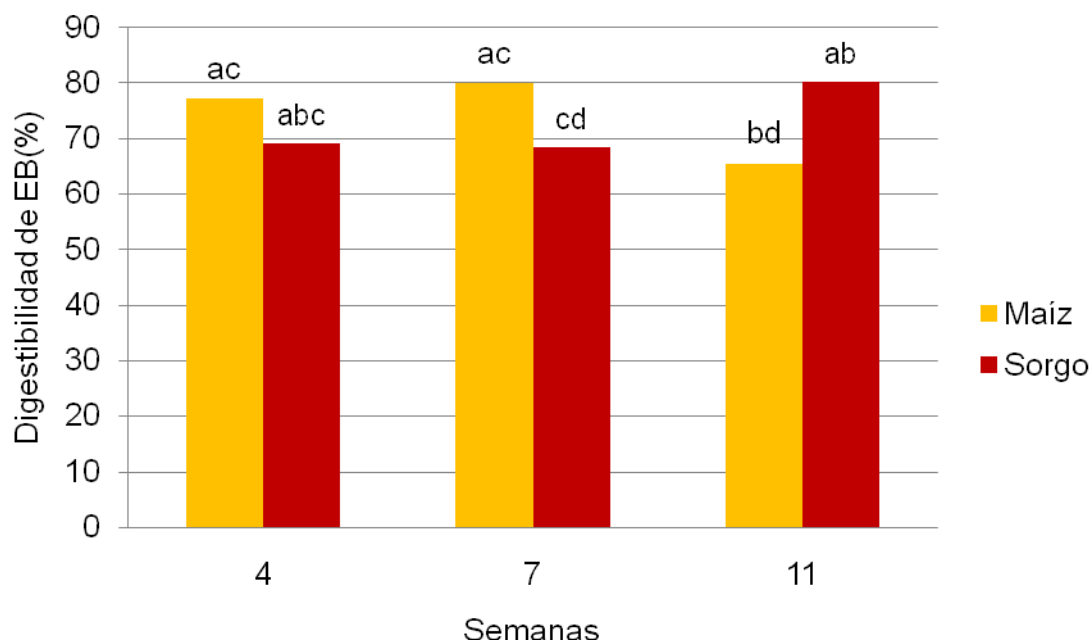
La dieta no fue una fuente significativa de variación para la digestibilidad de la energía bruta, 74,26% para animales alimentados a maíz y 72,69% para animales alimentados a sorgo.

Así mismo tampoco se encontraron diferencias significativas en el efecto semana, siendo 73,23% en la semana 4, 74,3% en la semana 7 y 72,91% en la semana 11.

En la Figura No. 20 se observa que la interacción grano por semana fue fuente significativa de variación en la digestibilidad de la energía bruta.

De la misma manera que en la digestibilidad de la materia seca, la digestibilidad de la energía bruta tiende a ser superior para maíz en los dos

primeros períodos, siendo el sorgo de mayor digestibilidad en el tercer período evaluado.



Letras diferentes difieren estadísticamente. ($P < 0,05$)

Figura No. 20. Efecto de la interacción grano por semana en la digestibilidad de la energía bruta

4.1.4.3. Consumo de energía digestible

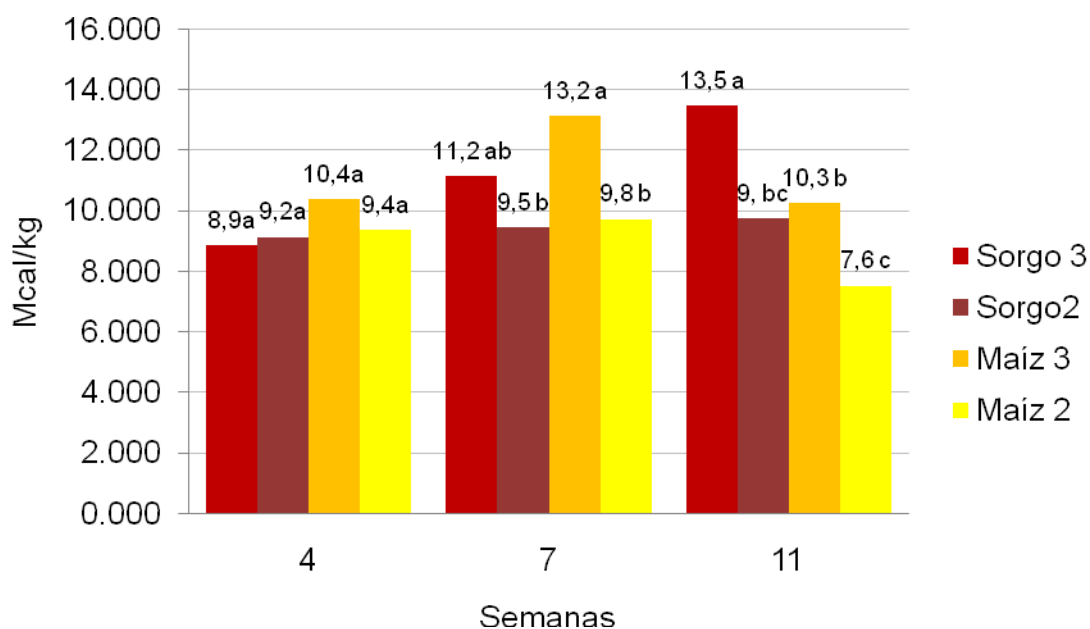
La edad fue una fuente significativa de variación para el consumo de energía digestible, siendo para animales de 2 años 9,2 Mcal/día y para animales de 3 años 11,23 Mcal/día debido al mayor consumo de materia seca en los animales de tres años.

El consumo de energía digestible fue afectado significativamente por la interacción tipo de grano por edad. Por otro lado, el tipo de grano no fue una fuente significativa de variación, siendo el consumo de energía digestible para animales alimentados a maíz de 10,09 Mcal/día y 10,33 Mcal/día para animales alimentados a sorgo. Por lo tanto el efecto de la interacción tipo de grano por edad está directamente relacionado al mayor consumo de materia seca por parte de los animales de más edad.

A su vez, la semana también afectó significativamente el consumo de energía digestible promedio de los tratamientos, siendo 9,5 Mcal/día en la semana 4, 10,9 Mcal/día en la semana 7 y 10,27 Mcal/día en la semana 11. Estos resultados tienen similar comportamientos a los obtenidos en consumo de materia seca digestible, a su vez coinciden con los resultados obtenidos por Clarindo et al. (2008) que obtuvieron que el consumo de materia seca aumenta hasta un pico entre 30 y 60 días y luego disminuye hacia los 90 días.

No se encontraron diferencias significativas en la semana 4. Por otro lado se observaron diferencias significativas en las semanas 7 y 11 entre los diferentes tratamientos.

La edad y el tipo de dieta fueron fuentes significativas de variación para el consumo de energía metabolizable al igual que sus interacciones con las semanas. En la Figura No. 21 se puede ver la variación del consumo de energía metabolizable de los diferentes tratamientos en las tres semanas evaluadas y del promedio de todos los tratamientos en cada semana.

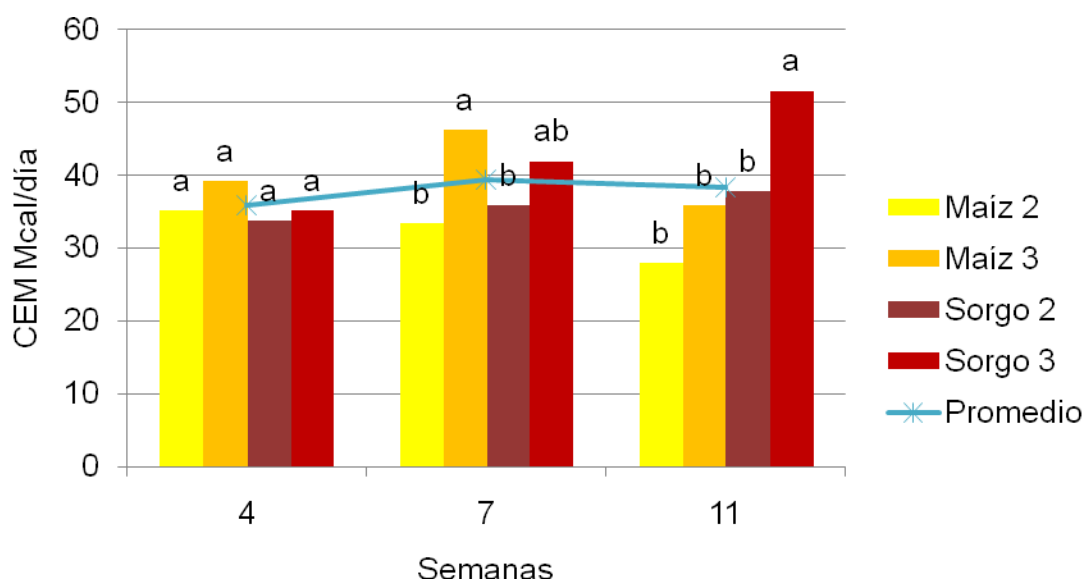


Medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

Figura No. 21. Efecto de la interacción grano por edad y por semana sobre el consumo promedio de energía digestible

Como se puede observar en la Figura No. 22 se registró un menor consumo de energía metabolizable al inicio del experimento, con un máximo en la semana 7. A su vez los animales de 3 años consumieron más energía metabolizable que los de dos años en promedio. También se encontró diferencia significativa al comparar sorgo con maíz, siendo mayor el consumo para animales que consumieron sorgo (39,4 Mcal/día vs. 36,3 Mcal/día) como se puede observar en la Figura No. 23.

4.1.4.4. Consumo de energía metabolizable

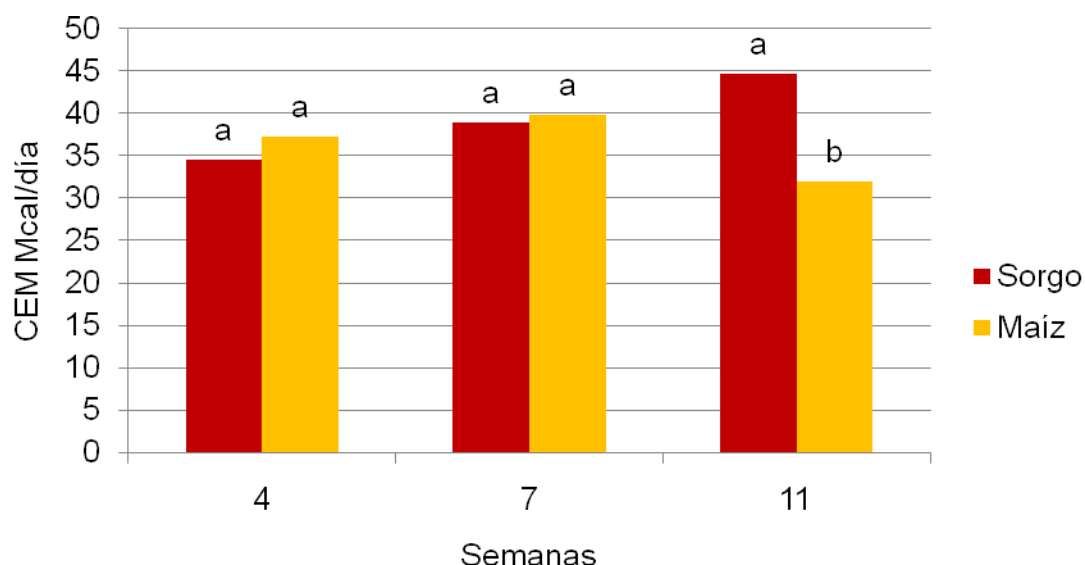


Letras diferentes difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

Figura No. 22. Evolución del consumo de energía metabolizable en Mcal/día de los diferentes tratamientos

No se encontraron diferencias significativas en el consumo de energía metabolizable en las semanas 4 y 7 al comparar los tratamientos basados en maíz y sorgo.

Se encontraron diferencias significativas en la semana 11 al comparar los animales que consumieron sorgo y maíz, producto de una mayor digestibilidad por parte del sorgo frente al maíz.

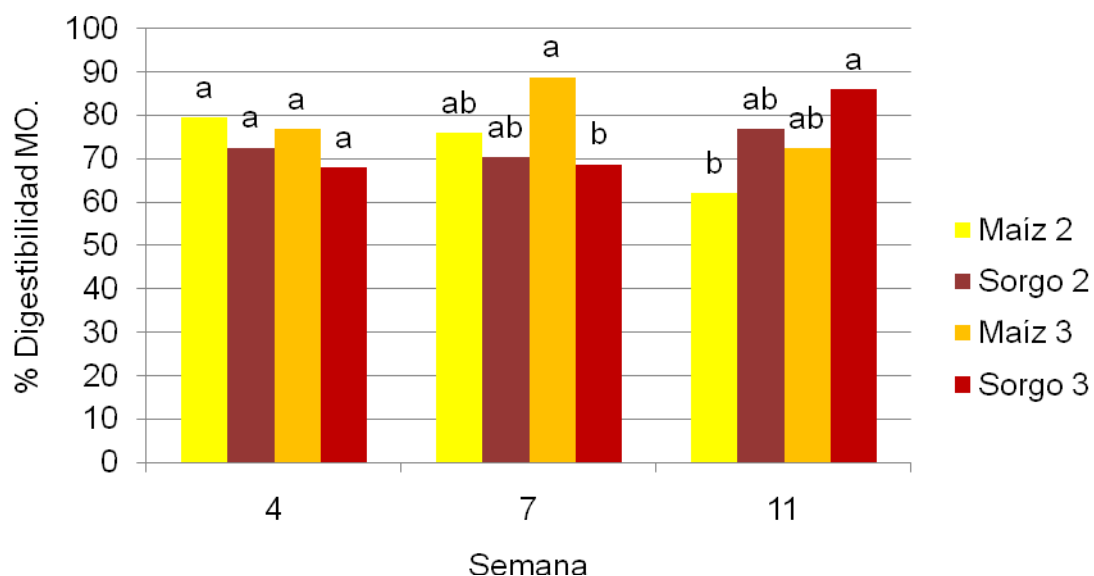


Letras diferentes difieren estadísticamente ($P < 0,05$)

Figura No. 23. Consumo de energía metabolizable en Mcal/día de las diferentes dietas en las 3 semanas evaluadas

4.1.4.5. Digestibilidad de la materia orgánica

La digestibilidad de la materia orgánica no fue significativamente afectada por la edad, de igual manera tampoco fue afectado por el tipo de grano. En el caso de la interacción de los efectos edad por grano, tampoco afectaron significativamente la digestibilidad. La variable semana no afectó significativamente la digestibilidad de la materia orgánica así como tampoco la interacción semana por edad. Donde sí se encontraron diferencias significativas fue cuando se analizó la interacción grano por semana. Luego, en el análisis de la triple interacción edad por grano por semana, no se obtuvieron diferencias significativas.



Letras diferentes difieren estadísticamente ($P < 0,05$)

Figura No. 24. Digestibilidad de la materia orgánica expresado en porcentaje para todos los tratamientos evaluado en 3 semanas

El consumo de materia orgánica digestible expresado en kilogramos fue influenciado significativamente por la edad.

El grano utilizado, la interacción grano por edad no fueron fuente significativas de variación para el consumo de materia orgánica digestible.

El consumo de materia orgánica digestible varió significativamente entre las semanas. A su vez se registró diferencias significativas al analizar la interacción semana por edad y la interacción grano por semana. Sin embargo no se registraron diferencias significativas al analizar la interacción entre estas tres fuentes de variación.

Al analizar cada semana individualmente se observó que en la semana 4 no hubo fuente de variación significativa cuando se compararon los cuatro tratamientos.

En la semana 7 se puede observar un consumo significativamente superior en promedio de los animales de 3 años (12,2 kg/día) frente a los de dos años (9,6 kg/día). El grano utilizado no fue una fuente significativa de variación dentro de ésta semana.

En la semana 11, la edad y el tipo de grano fueron fuente significativa de variación para la variable consumo de materia orgánica. En cuanto a la edad, los

animales de 3 años obtuvieron mayores consumos que los de 2 años. A su vez, los animales que consumieron sorgo registraron mayores consumos que los animales que consumieron maíz independientemente de la edad. Esto se debe a una mayor digestibilidad obtenida en la semana 11 en las dietas basadas en sorgo.

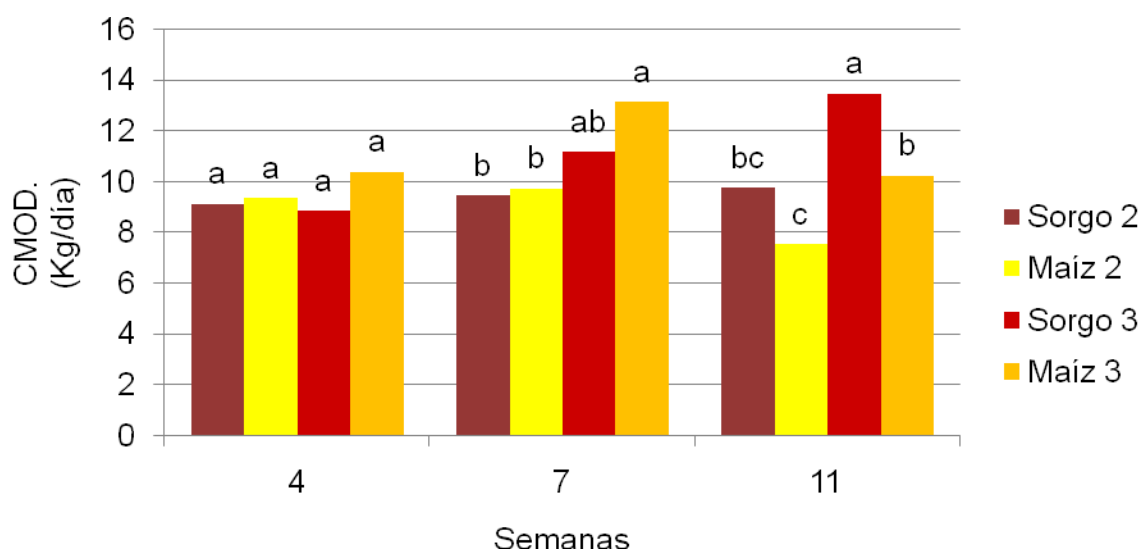


Figura No. 25. Consumo de materia orgánica digestible expresado en Kg/día para todos los tratamientos evaluado en 3 semanas

4.1.5. Comportamiento

En el Cuadro No. 13, se muestran los resultados registrados para comportamiento animal.

Cuadro No. 13. Comportamiento animal en probabilidad de ocurrencia por actividad

Actividad	Sorgo		Maíz	
	2 años	3 años	2 años	3 años
Consumo	0,276	0,233	0,266	0,262
Rumia	0,136	0,134	0,121	0,141
Descanso	0,566	0,591	0,59	0,565

Comportamiento animal= Probabilidad de ocurrencia registrado para cada actividad durante el día, en promedio de los 6 días evaluados en 3 semanas diferentes.

Los diferentes tratamientos no afectaron significativamente ninguna actividad dentro del comportamiento animal.

4.2. CALIDAD DE LA CANAL Y CALIDAD DE CARNE

4.2.1. Calidad de la canal

En el Cuadro No. 14 se presentan los resultados obtenidos en la planta frigorífica y en el laboratorio.

Cuadro No. 14. Resultados obtenidos en peso faena, peso canal caliente, rendimiento, área de ojo de bife, terminación

	Maíz		Sorgo		P-Valor		
	2 años	3 años	2 años	3 años	D	E	D*E
Peso faena (kg)	569	650	573	648	0,91	<0,001	0,77
Peso Canal (kg)	325	368	314	368	0,49	<0,001	0,43
Rendimiento (%)	57,2	56,7	55,4	56,9	0,30	0,51	0,21
AOB (cm ²)	75,9	79,5	69,5	79,0	0,18	0,014	0,25
Terminación	3,00	3,50	2,50	3,43	0,21	0,004	0,35
EGD (mm)	11,3	13,7	11,6	13,3	0,94	0,02	0,62
Marmoreo	731	797	701	780	0,58	0,10	0,88
Marmoreo Aj.	705	828	653	811	0,45	0,07	0,69
GIM %	6,67	10,24	6,74	9,76	0,84	0,004	0,79

Peso faena= peso vivo en el frigorífico previo a la faena. Peso canal= peso de canal izquierda y derecha sumados. Rendimiento= rendimiento canal con respecto al peso faena expresado en porcentaje. Terminación= cobertura grasa de la canal (cantidad y distribución) según escala INAC (0-4). Marmoreo= nivel de marmoreo según escala USDA medido entre la 12^a. y 13^a. costilla, desprovisto 100-199; prácticamente desprovisto 200-299; trazas 300-399; escaso 400-499 leve 500-599, modesto 600-699; moderado 700-799; ligeramente abundante: 800-899; moderadamente abundante: 900-999; abundante: 1000-1099. Marmoreo Aj= marmoreo ajustado a peso canal constante. GIM.%= porcentaje de grasa intramuscular. EGD= espesor de grasa subcutánea en milímetros. AOB= área de ojo de bife en centímetros cuadrados

La dieta y la interacción dieta por edad no fueron fuente de variación para ninguna de las variables. No se observó efecto significativo de la edad sobre la variable rendimiento. Por otro lado se encontraron tendencia sobre las variables marmoreo (P=0,1) y marmoreo ajustado (P=0,07). Sin embargo, la edad afectó muy significativamente algunas de las variables describiendo a calidad de canal, observándose para los novillos de tres años respecto a los de dos años, mayor peso a la faena (649 kg vs. 571 kg, P<0,001), y canal (368 kg vs. 319,5kg, P<0,001). Además se encontraron diferencias significativas en la edad, observándose para los novillos de tres años respecto a los de dos años, AOB (79,2cm² vs. 72,7cm², P=0,014), terminación (3,465 vs. 2,75 según escala INAC, P=0,004), EGD (13,5mm vs. 11,45mm, P=0,02) y GIM (10% vs. 6,71%, P=0,004).

En la comparación de las raciones totalmente mezcladas los resultados que se obtuvieron fueron para el maíz el 87% de las carcasas alcanzaron el valor N y el 13% restante alcanzaron el valor A, en tanto de la ración con base sorgo los resultados obtenidos fueron que el 47% de las carcasas alcanzaron el valor de conformación N y el 53% alcanzaron el valor A.

4.2.2. Calidad de la carne

En el Cuadro No. 15 se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio de diferentes tipos de ácidos grasos.

Cuadro No. 15. Resultados obtenidos de diferentes tipos de ácidos grasos

	Maíz		Sorgo		P-Valor		
	2 años	3 años	2 años	3 años	D	E	D*E
AGI %	44,93	44,35	43,18	45,1	0,8023	0,7371	0,5336
AGM %	40,0	41,1	38,6	41,9	0,8634	0,2486	0,5457
PI %	4,9	3,21	4,64	3,11	0,7258	0,0040	0,8730
AGS %	55,0	55,6	56,8	54,9	0,8024	0,74	0,5370
CLA %	0,31	0,34	0,28	0,32	0,3637	0,2093	0,6495

AGI%= porcentaje de ácidos grasos insaturados. PI%= porcentaje de ácidos grasos poli insaturados. AGS%= porcentaje de ácidos grasos saturados. AGM%= porcentaje de ácidos grasos mono insaturados. CLA%= porcentaje de ácido linoleico conjugado

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el contenido de ácidos grasos insaturados, ácidos grasos mono insaturados, ácidos grasos saturados, ni ácido linoleico conjugado.

La edad fue una fuente significativa de variación para el porcentaje de ácidos grasos poli insaturados.

En el Cuadro No. 16 se presentan los resultados obtenidos de características de calidad de la carne.

Cuadro No. 16. Resultados de características de calidad de la carne

	Maíz		Sorgo		P-Valor		
	2 años	3 años	2 años	3 años	D	E	D*E
pH	5,47	5,44	5,45	5,44	0,7123	0,3495	0,5397
Fuerza corte	2,38	2,14	2,17	2,17	0,3503	0,1872	0,1996
Color de músculo							
L	38,1	37,3	37,5	38,6	0,7073	0,9020	0,3685
a	25,5	28,0	27,6	28,4	0,1642	0,0717	0,325
b	14,1	14,9	14,8	15,3	0,18	0,0926	0,7317
Color de grasa							
L	65,6	66,2	66,4	67,1	0,2972	0,4113	0,8962
a	9,9	10,0	9,2	9,1	0,2553	0,9606	0,8495
b	15,5	16,2	14,0	14,5	<0,0001	0,0530	0,6608
PPCg.	51,1	59,9	51,4	57,3	0,6797	0,0154	0,6215
PPCpp.	19,3	21,3	20,3	20,9	0,8213	0,1334	0,5086

Fuerza de corte= fuerza de corte medida en kg de fuerza. L= luminosidad, varía entre 0 (negro) y 100 (blanco). a= índice de rojo, varía entre -60 (verde) y 60 (rojo). b= índice de amarillo, varía entre -60 (azul) y 60 (amarillo). PPCg.= pérdidas por cocción medidas en gramos. PPCpp.= pérdidas por cocción como porcentaje del peso total

No se encontraron diferencias significativas en pH de la carne al analizar el efecto de la dieta, edad o la interacción edad por dieta.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable luminosidad del músculo, luminosidad de grasa, ni índice de rojo de la grasa.

Se registró una tendencia A músculo a variar según la edad, no existiendo diferencias significativas entre dietas o su interacción con la edad.

Se registró una tendencia en el índice amarillo del músculo a variar según la edad, no existiendo diferencias significativas entre dietas, o su interacción con la edad.

Se registraron diferencias significativas para el índice de amarillo de la grasa entre tratamientos de diferentes dietas y una tendencia a variar según la edad, no encontrándose diferencias significativas en la interacción dieta por edad.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable fuerza de corte.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las pérdidas por cocción expresadas en porcentaje.

Se registraron diferencias significativas entre tratamientos de diferentes edades para las pérdidas por cocción en gramos (PPCg.), no existiendo diferencias significativas entre dietas o su interacción con la edad. Las mayores pérdidas por cocción en gramos de los animales de mayor edad se derivan de un mayor peso del bife y un igual porcentaje de pérdidas por cocción medido en porcentaje.

5. DISCUSIÓN

5.1. PRODUCCIÓN DE CARNE

En promedio, todos los tratamientos aumentaron su peso vivo sostenidamente a medida que transcurrían los días dentro del corral (Figura No. 9), sin embargo, registraron una disminución en la ganancia diaria hacia el final del experimento, coincidente con la curva de crecimiento sigmoidea de acumulación de peso vivo y con los resultados obtenidos por Kirkland et al. (2007), Clarindo et al. (2008), Gelid et al. (2018). Este comportamiento puede ser explicado por la capacidad de consumo diario de los animales: una vez llegado al máximo (Figura No. 15), se mantiene dentro de ciertos rangos y comienza a bajar expresado como porcentaje del peso vivo (Figura No. 14), esto quiere decir que ante un mayor peso e igual consumo, más energía estará destinada al mantenimiento y menos a la ganancia de peso. Esto trae como consecuencia una caída en la ganancia diaria (Figuras No. 11 y No. 12) y un aumento en el valor de la eficiencia de conversión (Figura No. 16), coincidentes con los resultados obtenidos por Simeone et al. (2018).

A su vez, este aumento en el valor de la eficiencia de conversión por el paso del tiempo dentro del corral interacciona con la edad de los animales (Figura No. 16), debido a que animales de mayor edad comienzan a depositar una mayor proporción de tejido graso previo a los animales de menor edad, lo cual tiene un mayor costo energético.

Al igual que se indicó en la hipótesis planteada, se observó una tendencia en la edad con respecto a la eficiencia de conversión, siendo mejor para animales de dos años. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Lobley (1993), Di Marco (1998), Pordomingo et al. (2000), Agastin et al. (2013), Elizalde (2015), Gelid et al. (2018), Simeone et al. (2018), que encontraron que la eficiencia de conversión resultó mejor para animales más jóvenes. Estos resultados se explican por las proporciones de tejidos depositados, teniendo en los animales más jóvenes una mayor proporción de tejido muscular y una menor proporción de tejido graso a lo largo de todo el período experimental.

En el análisis del peso vivo final (Cuadro No. 10) se puede observar que la edad fue una fuente significativa de variación para ésta variable, esto es el resultado de un peso inicial mayor en los animales de 3 años, y de similares tasas de ganancias diarias promedio a lo largo del experimento con relación a los de 2 años.

Los resultados que se obtuvieron en consumo de materia seca de los animales de diferente edad coinciden con Elizalde (2015) y con la hipótesis planteada, la cual indica que los animales de 3 años podrían presentar mayores consumos que los animales de dos años.

Al analizar la ganancia diaria de los animales según base de la dieta evaluado en tres períodos (Figura No. 11) se puede observar que los datos coinciden con los obtenidos por Scoton et al. (2008) que no registraron diferencias significativas al comparar dietas basadas en maíz con dietas basadas en sorgo. Sin embargo Huck et al. (1998) registraron una menor ganancia diaria en vaquillonas al sustituir steam flake de maíz por steam flake de sorgo.

También son coincidentes con los resultados obtenidos por Huck et al. (1998), Scoton et al. (2008), que no registraron diferencias significativas en cuanto a peso final comparando dietas basadas en sorgo con dietas basadas en maíz.

El efecto en el consumo de la materia seca de la interacción dieta por semana, coincide con los datos reportados por Huck et al. (1998) , Clarindo et al. (2008) y que no obtuvieron diferencias de consumo al comparar dietas basadas en maíz con dietas basadas en sorgo. Sin embargo Owens et al. (1997) obtuvieron mayores consumos con dietas basadas en sorgo. En la Figura No. 12 se puede observar una disminución del consumo del tratamiento de dos años que consumían maíz atribuible a la muerte de un animal donde no se ajustó a tiempo la cantidad de alimento ofrecido.

Los resultados de eficiencia de conversión según dieta evaluado en tres períodos, coinciden con los obtenidos por Clarindo et al. (2008) y refuta la hipótesis que plantea que habría diferencias significativas al variar la fuente de almidón. Por otro lado Owens et al. (1997) obtuvieron una mayor eficiencia de conversión en sorgo comparado con maíz. También Huck et al. (1998) observaron que al sustituir steam flake de maíz por steam flake de sorgo aumentó la eficiencia de conversión.

Estos resultados, en contradicción con lo esperado se debieron posiblemente a que no se obtuvieron diferencias significativas en la digestibilidad de los dos alimentos, a su vez tampoco se obtuvieron diferencias de digestibilidad significativas en la interacción dieta por edad lo que conllevó a que no se reflejara una diferencia significativa en los tratamientos. Esto no es coincidente con lo reportado por Theurer (1986) que afirma que el maíz tiene una mayor digestibilidad total frente al sorgo.

Si bien no se encontraron diferencias significativas en las digestibilidades obtenidas al comparar las dos dietas, se podría deducir analizando los resultados de consumo de energía metabolizable que el sorgo obtuvo menores pérdidas por metano que el maíz. Esto podría deberse a un mayor escape ruminal del sorgo (Theurer, 1986) y por consecuencia, los animales que consumieron sorgo realizaron una mayor digestibilidad intestinal que influye directamente en los productos finales de la digestión, obteniendo mas glucosa (Pethick et al., 2004). Una mayor disponibilidad de glucosa podría haber interactuado con la edad de los animales, debido a que mayores niveles de glucosa promueven mayores tasas de

lipogénesis (Pethick et al., 2004), es decir, los animales de mayor edad que están depositando una mayor proporción de grasa podrían haber interactuado con el nivel de glucosa producido a nivel del intestino delgado, en este sentido sería esperable lograr mayores niveles de producción de carne y engrasamiento en los animales de mayor edad que consumieron sorgo frente a los que consumieron maíz, sin embargo al observar los resultados se puede concluir que estas diferencias no fueron suficientes para traducirse en diferencias en cuanto a producción de carne o calidad.

5.2. CALIDAD DE LA CARNE

5.2.1. Calidad de la canal

La diferencia en el peso faena alcanzado por los animales de tres años (649 kg) y los de dos años (571 kg), así como los pesos de canal caliente, están ligados a las diferencias en los pesos iniciales debidas a la edad con los que comenzaron el experimento, dado que no se observó efecto sobre la ganancia media diaria. Esto es coincidente con Gelid et al. (2018) que obtuvieron una relación lineal entre peso inicial y peso final, no encontrando diferencias en rendimiento entre las diferentes edades al igual que en este experimento (56,3% para los de dos años y 56,8% para los de tres años), por lo tanto el peso canal caliente también difirió al cambiar la edad (368 kg para los de tres años y 320 kg para los de 2 años).

La conformación es la relación de músculo/hueso que se mide visualmente en la media canal por parte de un técnico de INAC y conforma junto con la terminación el sistema de tipificación de canales. La escala para medir esta relación es I, N, A, C, U, R, siendo I la mayor relación músculo/hueso y R la menor relación músculo/hueso. Si bien los resultados obtenidos en este experimento no son comparables estadísticamente, resulta interesante analizar los valores alcanzados: el 73% de los animales de dos años alcanzaron el valor N y el restante 27% alcanzó el valor A. En tanto, los animales de 3 años el 60% alcanzaron el valor N y el 40% el valor A. Por lo tanto, podría pensarse que los animales de tres años alcanzaron un desarrollo muscular promedio mayor que los de dos años. En una auditoría de calidad de carne realizada por Correa y Brito (2013) analizando diferentes resultados de calidad de carne en novillos proveniente de sistemas de engorde a corral con destino a cuota 481 encontraron que un 13,9% de las canales alcanzaron un valor N, y un 81,5% alcanzó un valor A de conformación.

El área de ojo de bife fue mayor para los animales de tres años (79,2 cm²) en comparación con los animales de dos años (72,7cm²), Estos resultados son en concordancia con los obtenidos por Kirkland et al. (2007) quienes aumentaron el área de ojo de bife al pasar de una edad de faena de 485 días a 610 días, los de Pordomingo (2017) que obtuvo mayor área de ojo de bife en novillos de 3 años

que en los de 2 años, y los de Gelid et al. (2018). Correa y Brito (2013) obtuvieron valores de área de ojo de bife promedio de 67,5 cm² y un peso canal caliente de 295,5 kg para los novillos con destino cuota 481.

Al igual que los resultados obtenidos en este experimento, Scoton et al. (2008) tampoco obtuvieron diferencias significativas en área de ojo de bife al comparar maíz y sorgo.

El grado de terminación que se define como el grado de cobertura y distribución de la grasa de la canal, va desde 0 que es la ausencia total de grasa hasta 4 que es una cobertura excesiva en la escala de terminación, fue medida por un técnico de INAC en el frigorífico. Posterior a la faena arrojó que los animales de tres años obtuvieron una mayor terminación o engrasamiento que los animales de 2 años (3,46 vs. 2,75, respectivamente), esto es explicado por Di Marco (1998) que asegura que al aumentar la edad y el peso aumenta la deposición de grasa subcutánea con respecto a la de proteína, por lo tanto, animales más pesados tienden a tener una mejor terminación. Esto confirma la hipótesis planteada anteriormente que indica que se obtendrían mejores niveles de terminación en los animales de tres años.

A su vez, los animales de 3 años obtuvieron mejores ganancias diarias previo a la faena: 889 g/día vs. 651 g/día de los animales de 2 años en el promedio de las últimas 6 semanas, esto incide directamente en el grado de terminación alcanzado, debido a que al aumentar la ganancia diaria la proporción de tejido depositado que más crece es la de grasa (Sánchez, s.f.).

Los resultados de terminación de la canal alcanzados al comparar las raciones totalmente mezcladas de sorgo y maíz (2,96 vs. 3,25) no obtuvieron diferencias significativas en el grado de terminación alcanzado por los animales de este experimento al igual que Huck et al. (2008) que no encontraron diferencias al comparar steam flake de sorgo con steam flake de maíz en cuanto a grado de engrasamiento de la canal, eso confirma la hipótesis planteada.

Gelid et al. (2018) también encontraron que el espesor de grasa dorsal aumenta al aumentar la edad de los animales, pasando de 7,9 mm en los animales que ingresaron al corral con 10 meses de edad y permanecieron 133 días, a 10,7 mm en los animales que ingresaron con 20 meses de edad y permanecieron los mismos días en el corral. Esto es debido a que los animales de mayor edad y peso comenzaron a depositar grasa subcutánea previo a los animales de 2 años, logrando resultados mayores al finalizar el experimento.

El grado de marmoreo es el valor obtenido al comparar visualmente las vetas de grasa en el músculo *Longissimus dorsi* a nivel de la 12^a. costilla con las imágenes que brinda la escala USDA y va desde desprovisto (100-199) hasta abundante (1000-1099) (USDA). Se correlaciona positivamente con el porcentaje

de grasa intramuscular que es medido en el laboratorio y comprende tanto los fosfolípidos que forman parte de las membranas celulares como también los triglicéridos en los adipocitos (De Smet et al., 2004).

En este sentido, el mayor nivel de marmoreo obtenido por los animales de 3 años (788) frente a los de 2 años (716) en la escala USDA, reafirman la hipótesis planteada y coincide con los resultados obtenidos por Wulf et al. (1996), Okumura et al. (2011), Lee et al. (2013), Greenwood et al. (2015), Pordomingo (2017), Gelid et al. (2018) que obtuvieron mayores niveles de marmoreo con animales de mayor edad. Cianzio et al. (1985) afirman que la grasa subcutánea, intermuscular, de riñonada y pélvica crecen por hipertrofia con poco o nulo cambio en el número de adipocitos, sin embargo, el crecimiento de la grasa intramuscular se da a raíz de la aparición de nuevos adipocitos como también por el incremento en el contenido lipídico, es por esto, que la grasa intramuscular sigue acumulándose mientras que el resto de los depósitos grasos ya alcanzo su límite.

Por lo tanto, es posible concluir que durante la fase de terminación los adipocitos pélvicos, arriñonados e intermuscular en desarrollo, completan su desarrollo hiperplásico (multiplicación de adipocitos) y depositan lípidos llenando adipocitos existentes (hipertrofia), mientras que los adipocitos subcutáneos e intramusculares continúan reclutando nuevos adipocitos como también relleno células preexistentes con lípidos. El 70% del crecimiento de los adipocitos intramusculares se debe a la hipertrofia, mientras que solo el 30% se debe a la hiperplasia (Sainz y Hasting, 2000). Por lo tanto, es probable que los novillos de tres años completaran la acumulación de los otros depósitos grasos antes que los novillos de dos años y tuvieran más días dentro del corral para acumular grasa intramuscular.

La variación entre granos tampoco tuvo un efecto significativo en los experimentos realizados por Huck et al. (1998), Scoton et al. (2008) en cuanto al nivel de marmoreo, afirmando la hipótesis realizada anteriormente. Esto podría deberse a que posiblemente la diferencia en el consumo energía metabolizable no fue suficiente como para expresar una diferencia en la variable de marmoreo. Además, según González et al. (2017) no hay diferencias en los productos finales (ácidos grasos volátiles) de la fermentación ruminal al comparar maíz y sorgo.

Las relaciones presentadas por el BIF Guidelines (2018) entre grado de marmoreo de la escala USDA y el porcentaje de grasa intramuscular no son consistentes con las obtenidas en este experimento, ya que ambas edades se encuentran dentro del grado de marmoreo moderado lo que se correlacionaría con un porcentaje de grasa intramuscular de 7,25%, mientras que los obtenidos fueron 6,70% para los animales de 2 años y 9,99% para los animales de 3 años. Sin embargo, sí son consistentes los resultados obtenidos con el grado de marmoreo ajustado por peso canal caliente que resultó moderadamente abundante (820)

para los animales de 3 años y modesto (679) para los animales de 2 años según la escala USDA, que se correlaciona según el BIF guidelines con un porcentaje de grasa intramuscular de 10,13% y 6,72% respectivamente.

Los resultados obtenidos en porcentaje de grasa intramuscular al comparar los animales de tres años (10,0%) con los de dos años (6,7%), coinciden con Aoki et al. (2001), Pugh et al. (2002) donde encontraron que al aumentar el peso carcasa aumenta el porcentaje de grasa intramuscular a tasa constante para diferentes razas y sistemas de producción.

Scoton et al. (2008) tampoco encontraron diferencias en peso final, rendimiento carcasa, ganancia diaria, área de ojo de bife, espesor de grasa dorsal, ni niveles de marmoreo al comparar maíz y sorgo, por lo tanto también coincide con los resultados obtenidos de calidad y producción de carne en este experimento.

5.2.2. Calidad de la carne

Según De Smet et al. (2004) la grasa intramuscular se encuentra formando parte de las membranas celulares como fosfolípidos y también como triglicéridos en los adipocitos. Los fosfolípidos son ricos en ácidos grasos poli insaturados (AGPI) y debido a que son constituyentes de membranas celulares, su contenido es independiente de la cantidad de grasa total (varía entre 0,2 y 1% del peso del músculo). En cambio, el contenido de triglicéridos (mayormente compuesto por ácidos grasos mono insaturados) es fuertemente influenciado por el contenido de grasa total y puede oscilar dentro de un amplio margen, desde un 0,2% hasta más de un 5%.

Esto quiere decir que los animales de tres años obtuvieron un menor porcentaje de ácidos grasos poli insaturados que los animales de dos años (4,77% vs. 3,16%, respectivamente) porque obtuvieron un mayor contenido de grasa intramuscular total, lo que resultó en una dilución de la cantidad de ácidos grasos poli insaturados frente en el total de ácidos grasos.

Estos resultados coinciden con el estudio realizado por Pordomingo (2017) donde afirman que la carne proveniente del engorde a corral es alta en ácidos grasos mono insaturados y ácido esteárico (saturado) por su alto contenido de grasa intramuscular (rica en estos ácidos grasos), y baja en ácido linoleico conjugado en comparación con animales alimentados a pasturas que pueden llegar a valores de 3% de CLA.

Los valores de pH para todos los tratamientos sin encontrarse diferencias significativas fueron por debajo de 5,8, por lo que los valores de terneza no estarían limitados por el pH. Estos valores de pH podrían deberse a lo explicado por Depetris y Santini (2005), que afirman que animales alimentados a corral

logran mayores niveles de glucógeno, que al fermentarse permite la acumulación de ácido láctico, asegurando un adecuado descenso de pH de la carne post faena.

Si bien algunos trabajos como el de Wulf et al. (1996), Luo et al. (2018) indican que animales más viejos podrían tener una menor terneza, por una mayor cantidad y menor solubilidad del colágeno, y por una mayor actividad de la calpastatina, en este caso eso podría ser contrarrestado por un mayor nivel de marmoreo que contribuye a una mayor terneza, una menor actividad de la calpastatina según Wulf et al. (1996), además de adecuados niveles de glucógeno previo a la faena que resultaron en niveles de pH adecuados.

Gardner et al. (1999) señalan que valores de fuerza Warner/Bratzler por debajo de 3,84 KgF deberían ser clasificadas como tiernas y de más de 4,5 kg como duras, por lo que los resultados de este experimento indican que las muestras obtenidas se clasificarían como tiernas. También confirma lo dicho por Depetris y Santini (2005) que afirman que los animales alimentados a corral tienen una mayor terneza debido a pH adecuados (menores a 5,8), una mayor cantidad y mayor solubilidad del colágeno, un incremento de la actividad proteolítica y la potencial actividad glucolítica debido a altas tasas de ganancias previo a la faena.

Los animales que consumieron maíz produjeron una grasa con un índice de amarillo significativamente mayor a los animales que consumieron sorgo, debido a que el maíz contiene una mayor concentración de carotenoides en su grano comparado con el grano de sorgo (Panfili et al., 2004).

6. CONCLUSIONES

La fuente de almidón (maíz vs. sorgo) no tuvo efectos significativos en las variables eficiencia de conversión del alimento, peso de canal y grado de marmoreo de la carne en novillos Hereford.

Novillos de 30 meses de edad son capaces de lograr niveles significativamente mayores de engrasamiento, pesos de canal caliente y mayores niveles de marmoreo en comparación con novillos de 18 meses, con consecuencias negativas en su eficiencia de conversión.

Es posible lograr carnes con altos estándares de calidad y altos niveles de marmoreo en novillos Hereford con la implementación de corrales de larga duración en desmedro de la eficiencia de conversión a medida que pasa el tiempo.

7. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de la edad de los animales en combinación con diferentes fuentes de almidón sobre parámetros de calidad de carne con énfasis en el marmoreo y de producción de carne en un corral de larga duración (161 días). La edad de los animales fue de dos y tres años, y las dietas fueron raciones totalmente mezcladas basadas en sorgo y maíz. Dicho trabajo fue realizado en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Paysandú, Uruguay. El mismo se inició el 04/04/2018 y finalizó el 02/10/2018. Para ello se utilizaron 32 novillos raza Hereford provenientes del rodeo experimental de la unidad de producción intensiva de carne. Las variables evaluadas en cuanto a producción de carne fueron ganancia diaria, eficiencia de conversión, peso final, consumo entre otras; y las variables evaluadas en calidad de carne fueron marmoreo según la escala USDA, área de ojo de bife, terminación, conformación, espesor de grasa dorsal, pH, color de la carne, color de la grasa, fuerza de corte, perfil de ácidos grasos, porcentaje de grasa intramuscular y rendimiento carcasa entre otras. La dieta no fue una fuente significativa de variación para ningún parámetro de producción de carne. Los novillos faenados con tres años de edad obtuvieron mejores parámetros de calidad de carne como un mayor porcentaje de grasa intramuscular, mayor área de ojo de bife, mayor terminación, mayor espesor de grasa subcutánea, mayor peso de canal caliente, en detrimento de una peor eficiencia de conversión. Así mismo, los novillos de tres años obtuvieron mejores ganancias diarias, mayores pesos de faena y mayores consumos de materia seca que los animales de dos años de edad. Todos los tratamientos alcanzaron altos niveles de marmoreo (entre moderado y ligeramente abundante según la escala de USDA para marmoreo).

Palabras clave: Marmoreo; Grasa intramuscular; Almidón; Feedlot; Novillos; Edad; Maíz; Sorgo; Calidad de carne.

8. SUMMARY

The objective of the present study is to evaluate the effect of the age of the animals in combination with different sources of starch on meat quality parameters with an emphasis on marbling and meat production in a long-term feedlot (161 days). The age of the animals was two and three years, and the diets were fully mixed rations based on sorghum and corn. This study was carried out in the Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), at the Mario A. Cassinoni Experimental Station, Paysandú, Uruguay. It started on 4/4/2018 and ended on 10/2/2018. For this study, 32 Hereford steers from the experimental herd of the intensive meat production unit were used. The variables evaluated in terms of meat production were daily gain, conversion efficiency, final weight, feed intake, among others; and the variables evaluated in meat quality were marbling according to the USDA scale, steak eye area, greasing, conformation, thickness of dorsal fat, pH, meat color, fat color, cutting force, fatty acid profile, percentage of intramuscular fat and carcass performance, among others. Diet was not a significant source of variation for any meat production parameter. The steers slaughtered at three years of age obtained better meat quality parameters such as a higher percentage of intramuscular fat, greater area of the eye steak, greater greasing, greater thickness of subcutaneous fat, greater weight of hot carcass, to the detriment of worse conversion efficiency. Likewise, the three-year-old steers obtained better daily gains, higher slaughter weights and higher intake of dry matter than the two-year-old animals. All treatments achieved high levels of marbling (between moderate and slightly abundant according to the USDA scale for marbling).

Key words: Marbling; Intramuscular fat; Starch; Feedlot; Steers; Age; Corn; Sorghum; Meat quality.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Agastín, A.; Naves, M.; Farant, A.; Godard, X; Bocage, B; Alexandre, G.; Boval, M. 2013. Effects of feeding system and slaughter age on the growth and carcass characteristics of tropical-breed steers. *Journal of Animal Science*. 91(8):3997-4006.
2. AOAC (Association of Analytical Chemists, US). 2012. Official Method of Analysis. 19th. ed. Washington, D. C. pp. 121-130.
3. Aoki, Y.; Nakanishi, N.; Yamada, T.; Harashima, N.; Yamazaki, T. 2001. Subsequent performance and carcass characteristics of Japanese Black x Holstein crossbred steers reared on pasture from weaning at three months of age. *Bulletin of the National Grassland Research Institute*. 60:40-55.
4. Bauman, D. E.; Mellenberger, R. W.; Derring, R. G. 1973. Fatty acid synthesis in sheep mammary tissue. *Journal of Dairy Science*. 56(10):1312-1318.
5. Bavera, G. A. 2005. Calidad de la carne. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción de Animal. p. irr. Consultado set. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/03-calidad_de_la_carne.pdf
6. Berg, T.; Butterfield, M. 1976. New Concepts of cattle growth. Sydney, University of Sydney. 255 p.
7. BIF (Beef Improvement Federation, USA). 2018. Guidelines For Uniform Beef Improvement Programs. (en línea). Prairie. p. irr. Consultado oct. 2019. Disponible en https://beefimprovement.org/wp-content/uploads/2018/03/BIFGuidelinesFinal_updated0318.pdf
8. Brito, G.; Jiménez de Aréchaga, C. 2004. El crecimiento de los diferentes tejidos en el animal y sus efectos en la composición de la canal. In: Jornada de Actualización Técnica en el Sector Carnes Dirigida a Jóvenes Agropecuarios entre 15 y 29 Años (2004, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. s.p.
9. Camps, D. N.; González, G. O. 2001. El grano de avena en la alimentación del ganado. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción de Animal. p. irr. Consultado set. 2019. Disponible en

http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/61el_grano_de_avena_en_la_alimentacion.pdf

10. Cheng, W.; Cheng, J. H.; Sun, D. W.; Pu, H. 2015. Marbling Analysis for Evaluating Meat Quality: methods and Techniques. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 14:523-535.
11. Cianzio, D. S.; Topel, D. G.; Whitehurst, G. B.; Beitz, D. C.; Self, H. L. 1985. Adipose tissue growth and cellularity: changes in bovine adipocyte size and number. *Journal of Animal Science*. 60(4):970-976.
12. Clarindo, R. L.; Dos Anjos Lima, N. V.; Imaizumi, H.; Machado Bittar, C. M.; Meneguelli Pereira, E.; Portela Santos, F. A. 2008. Avaliação de fontes energéticas e protéicas na dieta bovinos confinados em fase de terminação. *Ciência Animal Brasileira*. 9(4):902-910.
13. Correa, D.; Brito, G. 2017. Tercera auditoría de calidad de carne vacuna del Uruguay: terminación a corral. In: Brito, G.; Correa, D.; San Julián, R. eds. *Auditoría de calidad de la cadena cárnica vacuna del Uruguay*. Montevideo, INIA. pp. 35-40 (Serie Técnica no. 229).
14. Depetris, G; Santini, F. 2005. Calidad de carne asociada al sistema de producción. (en línea). Balcarce, Sitio Argentino de Producción Animal. p. irr. Consultado set. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/63-calidad_carne.pdf
15. De Smet, S.; Raes, K.; Demeyer, D. 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*. 53:81-98.
16. Di Marco, O. N. 1993. Crecimiento y respuesta animal. Balcarce, Asociación Argentina de Producción Animal. 113 p.
17. _____. 1994. Crecimiento y respuesta animal. Balcarce, Asociación Argentina de Producción Animal. 128 p.
18. _____. 1998. Crecimiento de vacunos para carne. Balcarce, s.e. 246 p.
19. _____. 2004. Fisiología del crecimiento de vacunos. (en línea). General Pico, Mar del Plata, Sitio Argentino de Producción Animal. p. irr.

Consultado set. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/exterior/16-fisiologia_del_crecimiento.pdf

20. _____. 2006. Eficiencia de utilización del alimento en vacunos. (en línea). Balcarce, Sitio Argentino de Producción Animal. p. irr. Consultado oct. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/89-eficiencia_utilizacion_alimento.pdf
21. Duckett, S. K.; Wagner, D. G.; Yates, L. D.; Dolezal, H. G.; May, S. G. 1993. Effects of time on feed on beef nutrient composition. Journal of Animal Science. 71(8):2079-2088.
22. Elizalde, J. C. 2015. Impacto del uso de los sistemas de alimentación a corral como estrategia para el engorde de bovinos para carne. In: Congreso Internacional de Producción Animal Especializada en Bovinos (1°, 2015, Cuenca, Ecuador). Trabajos presentados. Maskana. 6:83-93.
23. Elmasry, G.; Kamruzzaman, M.; Sun, D-W.; Allen, P. 2012. Principles and applications of hyperspectral imaging in quality evaluation of agro-food products: a review. Critical Reviews Food Science and Nutrition. 52(11):999-1023.
24. Fernández, A. 1998. Fisiología de la producción de carne. (en línea). Bordenave, Sitio Argentino de Producción Animal. p. irr. Consultado set. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/32-fisiologia_de_la_produccion_de-carne.pdf
25. _____. 2015. Grano de sorgo vs. grano de maíz. Bordenave, INTA. 21 p.
26. Gelid, L.; Volpi, G.; Pordomingo, A. B.; González, A.; Pordomingo, A. J. 2018. Efecto del peso de entrada al corral de terminación sobre la performance animal y la calidad de carne de novillos. In: Congreso Argentino de Producción Animal (41°, 2017, Anguil, La Pampa, Argentina). Trabajos presentados. Revista Argentina de Producción Animal. 38(1):285-311.
27. González, U. A.; Corona, L.; Estrada, J. G.; Abarca, D. K.; González, M. 2017. Digestión ruminal e intestinal del maíz (*Zea mays*) y sorgo

(*Sorghum bicolor* L. Moench) utilizando diferentes técnicas de digestibilidad (in vivo, in vitro e in sacco). Tropical and Subtropical Agroecosystems. 20:183-194.

28. Greenwood, P. L.; Siddell, J. P.; Walmsley, B. J.; Geesink, G. H.; Pethick, D. W.; Mcphee, M. J. 2015. Postweaning substitution of grazed forage with a high-energy concentrate has variable long-term effects on subcutaneous fat and marbling in *Bos taurus* genotypes. Journal of Animal Science. 93:4132-4143.
29. Guada, J. A. 1993. Efectos del procesado sobre la degradabilidad ruminal de proteína y almidón. In: Curso de Especialización FEDNA (4º., 2014, Barcelona). Trabajos presentados. Zaragoza, España, Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. s.p.
30. Hanson, R. W.; Ballard, F. J. 1967. The relative significance of acetate and glucose as precursors for lipid synthesis in liver and adipose tissue from ruminants. (en línea). Biochemical Journal. 105(2):529-536. Consultado oct. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1042/bj1050529>
31. Harmon, D. L.; Mcleod, K. R. 2001. Glucose uptake and regulation by intestinal tissues: implication and whole-body energetics. Journal of Animal Science. 79:59-72.
32. Herrera-Saldana, R. E.; Huber, J. T.; Poore, M. H. 1990. Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. Journal of Dairy Science. 73:2386-2393.
33. Huck, G. L.; Kreikemeier, K. K.; Kuhl, G. L.; Eck, T. P.; Bolsen, K. K. 1998. Effects of feeding combinations of steamflaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dryrolled corn on growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle. Journal of Animal Science. 76:2984-2990.
34. Huntington, G. B.; Harmon, D. L.; Richards, C. J. 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. Journal of Animal Science. 84:14-24.
35. Kirkland, R. M.; Patterson, D. C.; Keady, T. W. J.; Moss, B. W.; Steen, R. W. J. 2007. Beef production potential of Norwegian Red and Holstein-Friesian bulls slaughtered at two ages. (en línea). Animal. 1(10):1506-1514. Consultado oct. 2019. Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/221973707_Beef_production_potential_of_Norwegian_Red_and_Holstein-Friesian_bulls_slaughtered_at_two_ages

36. Kloster, A. M.; Santini, F. J. 1996. Degradabilidad ruminal del almidón de los granos. Implicancias digestivas y productivas (Revisión). Revista de Investigación Agropecuaria. 26(1):111-121.
37. Lee, S. C.; Choi, H. H.; Shin, J. S.; Kim, K. H.; Oh, Y. K.; Cheon, D. W. 2013. Carcass Characteristics and Profitability Analysis Based on Slaughter Age of Hanwoo Steers. Journal of Animal Science and Technology. 55(4):315-323.
38. Lobley, E. G. 1993. Protein Metabolism and Turnover. In: Forbes, J. M.; France, J. eds. Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. Aberdeen, UK, Rowett Research Institute. pp. 313-340.
39. Luo, L.; Guo, D.; Zhou G.; Chen, k. 2018. An investigation on the relationship among marbling features, physiological age and Warner–Bratzler Shear force of steer *longissimus dorsi* muscle. Journal of Food Science and Technology. 55(4):1569-1574.
40. Montiel, M. D.; Elizalde, J. C. 2004. Factores que afectan la utilización ruminal del grano de sorgo en vacunos. Revista Argentina de Producción Animal. 24(1-2):1-20.
41. Nafikov, R. A.; Beitz, D. C. 2007. Carbohydrate and lipid metabolism in farm animals. The Journal of Nutrition. 137:702-705.
42. Nash, S. A.; Harrison, S. N.; Packham, J. H.; Panting, R. R.; Duckett, S. K. 2000. Case study: monitoring changes in carcass quality across time-on-feed using real-time ultrasound to optimize marketing endpoints. The Professional Animal Scientist. 16:202-205.
43. Okumura, T.; Saito, K.; Sowa, T.; Sakuma, H.; Ohhashi, F.; Tameoka, N.; Hirayama, M.; Nakayama, S.; Sato, S.; Gogami, T.; Akaida, M.; Kobayashi, E.; Konishi, K.; Yamada, S.; Kawamura, T. 2012. Changes in beef sensory traits as somatic cell-cloned Japanese black steers increased in age from 20 to 30 months. Meat Science. 90:159-163.
44. Orskov, E. R. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. Journal of Animal Science. 63:1624-1633.

45. Owens, F. N.; Dubeski, P.; Hanson, C. F. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*. 71:3138-3150.
46. _____.; Gill, D. R.; Secrist, D. S.; Coleman, S. W. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 73:3152-3172.
47. _____.; Secrist, D. S.; Hill, W. J.; Gill, D. R. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science*. 75:868-879.
48. Panfili, G.; Fratianni, A.; Irano, M. 2004. Improved Normal-Phase High-Performance Liquid Chromatography Procedure for the Determination of Carotenoids in Cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52:6373-6377.
49. Park, S. J.; Beak, S. H.; Jung, D. J. S.; Kim, S. Y.; Jeong, I. H.; Piao, M. Y.; Kang, H. J.; Fassah, D. M.; Na, S. W.; Yoo, S. P.; Baik, M. 2018. Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle - a review. *Asian- Australian Journal of Animal Sciences*. 31(7):1043-1061.
50. Pethick, D. W.; Harper, G. S.; Oddy, V. H. 2004. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: a review. *Australian Journal Experimental Agriculture*. 44:705-715.
51. Pordomingo, A. B. 2017. Estudio de los efectos interactivos entre la edad, la alimentación y la maduración sobre las características físicas y bioquímicas de la carne bovina de novillos Angus. Tesis Dr. Ing. Agr. Buenos Aires, Argentina. UNCPBA. Facultad de Ciencias Veterinarias. 77 p.
52. Pordomingo, A. J.; Jonas, O.; Adra, M.; Juan, N. A.; Azcarate, M. P. 2000. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. *Revista de Investigación Agropecuaria*. 31(1):1-22.
53. Reuter, R.; Alkire, D.; Sunstrum, A.; Cook, B.; Blanton Jr., J. 2017. Feed efficiency and how it's measured. (en línea). *Brangus Journal*. 65:30-34. Consultado oct. 2019. Disponible en https://issuu.com/gobrangus/docs/brangus_journal_-_january_2017

54. Rhoades, R. D.; Sawyer, J. E.; Chung, K. Y.; Schell, M. L.; Lunt, D. K.; Smith, S. B. 2007. Effect of dietary energy source on in vitro substrate utilization and insulin sensitivity of muscle and adipose tissues of Angus and Wagyu steers. *Journal of Animal Science*. 85:1719-1726.
55. Sainz, R. D.; Hasting, E. 2000. Simulation of the development of adipose tissue in beef cattle. *In*: McNamara, J. P.; France, J.; Beever, D. eds. *Modelling Nutrient Utilization in Farm Animals*. New York, USA, CABI. pp. 175-177.
56. Sánchez, F. s.f. Crecimiento y desarrollo. Buenos Aires, UNCPBA. Facultad de Ciencias Veterinarias. Departamento de Producción Animal. s.p.
57. Scoton, M.; De Beni Arrigoni, M.; Conte Hadlich, J.; Silveira, A. C.; Ludovico Martins, C.; Nunes De Oliveira, H. 2008. Características de carcaça e parâmetros de qualidade de carne de bovinos jovens alimentados com grãos úmidos de milho ou sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37:520-528.
58. Simeone, A.; Beretta, V.; Elizalde, J.; Franco, J. 2008. Engorde a corral (feedlot) en los sistemas pastoriles. *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, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 42-47.
59. _____.; _____.; _____.; _____. 2010. Evaluación de diferentes fuentes de nitrógeno no proteico. *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (12^a, 2010, Paysandú). Ganadería a pasto feedlot e Industria frigorífica: ¿es posible una investigación de tipo "ganar-ganar" en la cadena de la carne? Paysandú, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 34-45.
60. _____.; _____.; _____.; _____. 2018. Generando información sobre una tecnología que ha cambiado la ganadería uruguaya: el engorde a corral. *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, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 43-63.

61. Smith, S. B.; Crouse, J. D. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *The Journal of Nutrition*. 114:792-800.
62. _____.; Gill, C. A.; Lunt, D. K.; Brooks M. A. 2009. Regulation of Fat and Fatty Acid Composition in Beef Cattle. *Asian-Australasia Journal of Animal Science*. 22(9):1225-1233.
63. Theurer, C. B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*. 63:1649-1662.
64. USDA (United States Department of Agriculture, US). 2006. Instrument Grading Systems for Beef Carcasses. Washington, D. C. 5 p.
65. Van Keulen, J.; Young, B. A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44:282-287.
66. Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. ed. Ithaca, NY, Cornell University Press. 459 p.
67. Wulf, D. M.; Morgan, J. B.; Tatum, J. D.; Smith, J. D. 1996. Effects of Animal Age, Marbling Score, Calpastatin Activity, Subprimal Cut, Calcium Injection, and Degree of Doneness on the Palatability of Steaks from Limousin Steers. *Journal of Animal Science*. 74:569-576.
68. Zembayashi, M.; Nishimura, K.; Lunt, D. K.; Smith, S. B. 2011. Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. *Journal of Animal*. 73:3325-3332.

10. ANEXOS

Anexo No. 1. Factores que afectan la deposición de grasa intramuscular

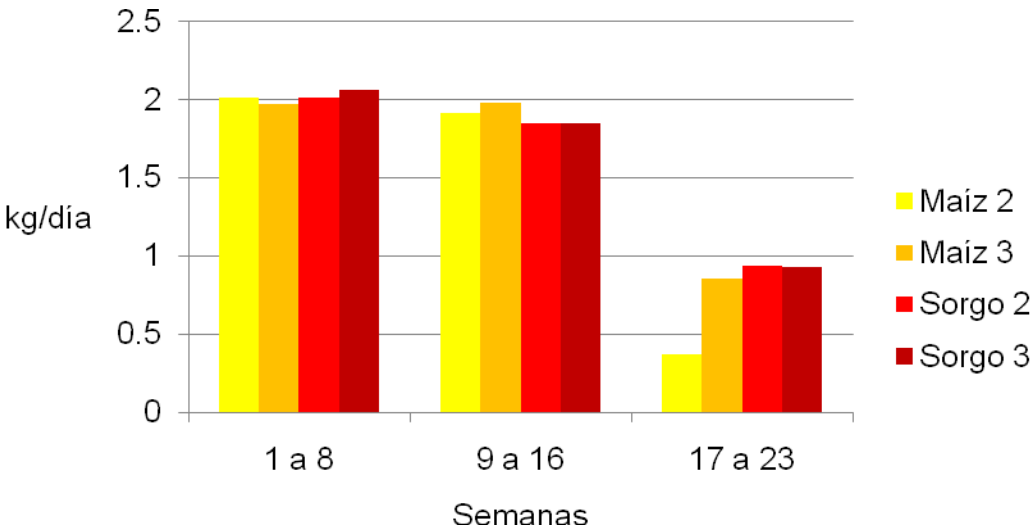
Factores	Descripción
Factores genéticos	
Diferencias raciales	El contenido de GIM varía entre las razas de ganado
Sexo	El sexo afecta la deposición de GIM
Heredabilidad	Las heredabilidades del marmoreo en el ganado coreano y el Wagyu son relativamente altos
Factores de manejo	
Edad al destete	El destete precoz por lo general incrementa la GIM
Castración	Aumenta la deposición de GIM
Edad de faena	El contenido de GIM aumenta cuando aumenta la edad de faena en la mayoría de las razas
Peso de faena	El contenido de GIM aumenta cuando aumenta el peso de faena en la mayoría de las razas
Ambiente	Las condiciones ambientales como la temperatura afecta la deposición de GIM
Factores nutricionales	
Metabolismo de las grasas	La síntesis de triglicéridos es la clave para la deposición de GIM, la hidrólisis de triglicéridos disminuye la grasa
Digestión y absorción de grasas	La manipulación de la digestión y absorción de grasas en la dieta en el intestino delgado puede mejorar la deposición de GIM
Disponibilidad de glucosa/almidón	Maximizar la utilización del almidón es importante para la deposición de GIM y se puede optimizar la fermentación ruminal y la digestión y absorción en el intestino delgado

Voluminoso/ concentrado	El contenido de GIM aumenta cuando aumenta el porcentaje de concentrado en la dieta
Vitamina A	La restricción de vitamina A generalmente aumenta la deposición de GIM
Vitamina D	Inhibe la lipogénesis según estudios in vitro
Nutrición fetal	La nutrición fetal en el período temprano, medio o tardío puede afectar la adiposidad en la edad adulta
Sistemas de alimentación por etapas	Japón y Corea han desarrollado un sistema de alimentación por etapas que produce un mayor marmoreo

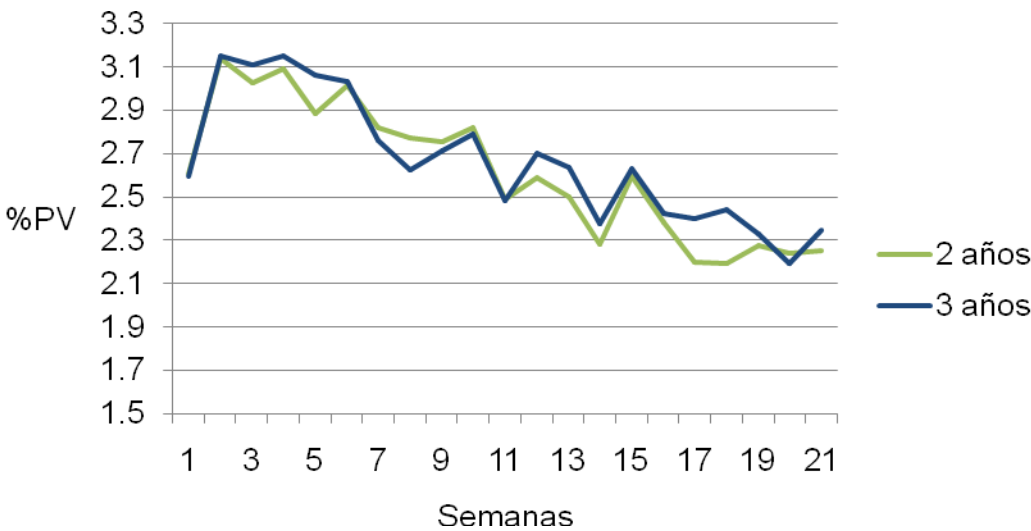
Anexo No. 2. Conformación individual según INACUR

Caravana	Edad	Grano	Conformación
9209	2	Maíz	NJ
2604	2	Maíz	NJ
8683	2	Maíz	NJ
9254	2	Maíz	NN
9292	2	Maíz	NJ
9227	2	Maíz	NN
9210	2	Maíz	NJ
2727	3	Maíz	NJ
2658	3	Maíz	AJ
2766	3	Maíz	NJ
2688	3	Maíz	NJ
2745	3	Maíz	AJ
2748	3	Maíz	NJ
2735	3	Maíz	NJ
2650	3	Maíz	NJ
9203	2	Sorgo	NJ
9233	2	Sorgo	NJ
3648	2	Sorgo	AJ
9319	2	Sorgo	AJ
9219	2	Sorgo	AJ
9221	2	Sorgo	NJ
9310	2	Sorgo	AA
9271	2	Sorgo	NN
2642	3	Sorgo	AJ
2657	3	Sorgo	NJ
2698	3	Sorgo	AJ
2742	3	Sorgo	AJ
2739	3	Sorgo	AJ
2612	3	Sorgo	N6
2737	3	Sorgo	NJ

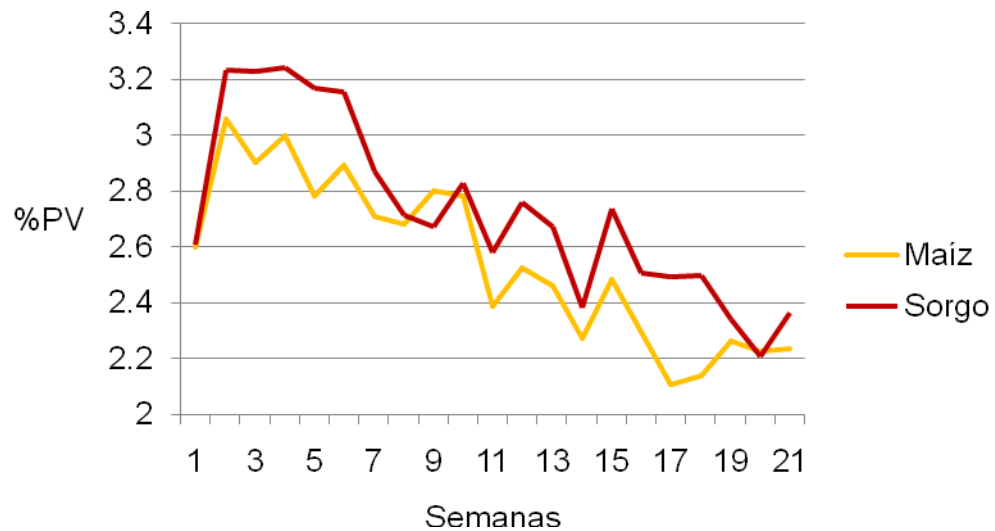
Anexo No. 3. Ganancia diaria promedio según tratamiento por tercios dentro del período experimental



Anexo No. 4. Consumo de materia seca expresado en porcentaje del peso vivo de los animales agrupados en diferentes edades



Anexo No. 5. Consumo de materia seca expresado en porcentaje del peso vivo agrupado según dieta



Anexo No. 6. Precipitaciones y temperaturas medias en el período experimental

Mes	Precipitaciones (mm)	Temperaturas medias (°C)
Mayo	191,3	16,6
Junio	11,4	10,2
Julio	106,6	10,2
Agosto	104,8	11,1
Setiembre	95,4	17

Anexo No. 7. Fuentes de variación para terminación INAC

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr > F
Edad	1	3.80952381	3.80952381	10,20	0,0037
Grano	1	0.60952381	0.60952381	1,63	0,2128
Edad*grano	1	0.34285714	0.34285714	0,92	0,3469

Anexo No. 8. Fuentes de variación para peso faena

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	4552.84821	45520.84821	49,26	<,0001
Grano	1	10.84821	10.84821	0,01	0,9145
Edad*grano	1	83.70536	83.70536	0,09	0,7658

Anexo No. 9. Fuentes de variación para peso canal caliente

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	17003.16187	17.003.16187	43,92	<,0001
Grano	1	193.91247	193.91247	0,50	0,4857
Edad*grano	1	247.13422	247.13422	0,64	0,4318

Anexo No. 10. Fuentes de variación para rendimiento de la canal

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	2.01198733	2.01198733	0,45	0,5068
Grano	1	4.95005184	4.95005184	1,12	0,3008
Edad*grano	1	7.44682604	7.44682604	1,68	0,2069

Anexo No. 11. Fuentes de variación para puntaje de marmoreo

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	39150.05952	39150.05952	2,85	0,1035
Grano	1	4243.39286	4243.39286	0,31	0,5833
Edad*grano	1	300.05952	300.05952	0,02	0,8837

Anexo No. 12. Fuentes de variación para puntaje de marmoreo ajustado por peso canal caliente

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Peso canal	1	17329.37471	17329.37471	1,23	0,2779
Edad	1	51964.57971	51964.57971	3,7	0,0665
Grano	1	8311.30211	8311.30211	0,59	0,4495
Edad*grano	1	2194.12092	2194.12092	0,16	0,6963

Anexo No. 13. Fuentes de variación para porcentaje de grasa intramuscular

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	80.96038095	80.96038095	10,3	0,0035
Grano	1	0.32038095	0.32038095	0,04	0,8416
Edad*grano	1	0.55735714	0.55735714	0,07	0,7921

Anexo No. 14. Fuentes de variación para porcentaje de ácidos grasos insaturados

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	0.0003384	0.0003384	0,12	0,7371
Grano	1	0.000188	0.000188	0,06	0,8023
Edad*grano	1	0.00117	0.00117	0,4	0,5336

Anexo No. 15. Fuentes de variación para porcentaje de ácidos grasos polinsaturados

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	0.00192429	0.00192429	9,96	0,004
Grano	1	0.00002429	0.00002429	0,13	0,7258
Edad*grano	1	0.00000504	0.00000504	0,03	0,873

Anexo No. 16. Fuentes de variación para porcentaje de ácidos grasos saturados

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	3.3157043	3.3157043	0,11	0,74
Grano	1	1.8834375	1.8834375	0,06	0,8024
Edad*grano	1	11.54117263	11.54117263	0,39	0,537

Anexo No. 17. Fuentes de variación para porcentaje de ácidos grasos mono insaturados

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	0.00376202	0.00376202	1,39	0,2486
Grano	1	0.00008149	0.00008149	0,03	0,8634
Edad*grano	1	0.00101215	0.00101215	0,37	0,5457

Anexo No. 18. Fuentes de variación para el porcentaje de ácido linoleico conjugado (CLA)

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	0.00861787	0.00861787	1,66	0,2093
Grano	1	0.00444601	0.00444601	0,85	0,3637
Edad*grano	1	0.00109933	0.00109933	0,21	0,6495

Anexo No. 19. Fuentes de variación para espesor de grasa dorsal

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	31.7625	31.7625	6,54	0,0167
Grano	1	0.02916667	0.02916667	0,01	0,9388
Edad*grano	1	1.20535714	1.20535714	0,25	0,6225

Anexo No. 20. Fuentes de variación para pH

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	0.00314881	0.00314881	0,91	0,3495
Grano	1	0.00048214	0.00048214	0,14	0,7123
Edad*grano	1	0.00133929	0.00133929	0,39	0,5397

Anexo No. 21. Fuentes de variación para área de ojo de bife

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	322.4380952	322.4380952	7,03	0,0135
Grano	1	87.7714286	87.7714286	1,91	0,1784
Edad*grano	1	64.0380952	64.0380952	1,4	0,2481

Anexo No. 22. Fuentes de variación para la luminosidad del musculo

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	0.13392857	0.13392857	0,02	0,902
Grano	1	1.24859524	1.24859524	0,14	0,7073
Edad*grano	1	7.25485714	7.25485714	0,84	0,3685

Anexo No. 23. Fuentes de variación para el índice de rojo del músculo

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	19.82514881	19.82514881	3,53	0,0717
Grano	1	11.51714881	11.51714881	2,05	0,1642
Edad*grano	1	5.65848214	5.65848214	1,01	0,325

Anexo No. 24. Fuentes de variación para el índice amarillo del músculo

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	3.77152381	3.77152381	3,05	0,0926
Grano	1	2.34752381	2.34752381	1,9	0,18
Edad*grano	1	0.14859524	0.14859524	0,12	0,7317

Anexo No. 25. Fuentes de variación para la luminosidad de la grasa

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	3.50172024	3.50172024	0,7	0,4113
Grano	1	5.68172024	5.68172024	1,13	0,2972
Edad*grano	1	0.08714881	0.08714881	0,02	0,8962

Anexo No. 26. Fuentes de variación para el índice rojo de la grasa

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	0.00859524	0.00859524	0	0,9606
Grano	1	4.67259524	4.67259524	1,35	0,2553
Edad*grano	1	0.12688095	0.12688095	0,04	0,8495

Anexo No. 27. Fuentes de variación para el índice amarillo de la grasa

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	3.06005357	3.06005357	4,11	0,053
Grano	1	19.05072024	19.05072024	25,59	<,0001
Edad*grano	1	0.14672024	0.14672024	0,2	0,6608

Anexo No. 28. Fuentes de variación para fuerza de corte

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	0.11833929	0.11833929	1,84	0,1872
Grano	1	0.05833929	0.05833929	0,9	0,3503
Edad*grano	1	0.11172024	0.11172024	1,73	0,1996

Anexo No. 29. Fuentes de variación para pérdidas por cocción en gramos

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	400.2380952	400.2380952	6,73	0,0154
Grano	1	10.3714286	10.3714286	0,17	0,6797
Edad*grano	1	14.8595238	14.8595238	0,25	0,6215

Anexo No. 30. Fuentes de variación para pérdidas por cocción expresadas en porcentaje

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr>F
Edad	1	10.01314881	10.01314881	2,4	0,1334
Grano	1	0.21714881	0.21714881	0,05	0,8213
Edad*grano	1	1.87333929	1.87333929	0,45	0,5086

Anexo No. 31. Fuentes de variación para altura inicial

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr > F
Edad	1	19,845	19,845	7,29	0,0541
Grano	1	5,12	5,12	1,88	0,2422
Edad*grano	1	0,125	0,125	0,05	0,8408

Anexo No. 32. Fuentes de variación para altura final

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr > F
Edad	1	13,78125	13,78125	1,04	0,3659
Grano	1	13,78125	13,78125	1,04	0,3659
Edad*grano	1	0,36125	0,36125	0,03	0,877

Anexo No. 33. Fuentes de variación para consumo de materia seca expresado en kilogramos por día

Fuente de variación	DF núm.	DF den.	Valor de F	Pr > F
Edad	1	4,02	14,78	0,0182
Grano	1	4,02	1,99	0,2309
Edad*grano	1	4,02	0,04	0,8532
Semana	20	783	26,68	<,0001
Edad*semana	20	783	2,09	0,0036
Grano*semana	20	783	3,77	<,0001
Edad*grano*semana	20	783	2,17	0,0023
Día_dentrosem.	6	783	1,79	0,0977
Edad*día_dentrosem.	6	783	0,19	0,9785
Grano*día_dentrosem.	6	783	0,63	0,7098
Edad*grano*día_dentrsem.	6	783	0,05	0,9994

Anexo No. 34. Fuente de variación para consumo de materia seca expresado en porcentaje de peso vivo

Fuente de variación	DF núm.	DF den.	Valor de F	Pr > F
Edad	1	4,01	0,14	0,7311
Grano	1	4,01	1,72	0,2603
Edad*grano	1	4,01	0,2	0,6762
Semana	20	783	68,08	<,0001
Edad*semana	20	783	1,92	0,0088
Grano*semana	20	783	4,05	<,0001
Edad*grano*semana	20	783	2,37	0,0007
Día_dentrosem.	6	783	3,94	0,0007
Edad*día_dentrosem.	6	783	0,23	0,9676
Grano*día_dentrosem.	6	783	0,66	0,6814
Edad*grano*día_dentrsem.	6	783	0,05	0,9993

Anexo No. 35. Fuentes de variación para consumo de materia seca digestible

Fuente de variación	DF núm.	DF den.	Valor de F	Pr > F
Edad	1	12	60,44	<,0001
Grano	1	12	0,93	0,3544
Edad*grano	1	12	1,8	0,2046
Sem.	2	12	9,18	0,0038
Edad*sem.	2	12	11,5	0,0016
Grano*sem.	2	12	24,32	<,0001
Edad*grano*sem.	2	12	2,8	0,1002

Anexo No. 36. Fuentes de variación para consumo de materia orgánica digestible

Fuente de variación	DF núm.	DF den.	Valor de F	Pr > F
Edad	1	12	60,84	<,0001
Grano	1	12	0,77	0,3968
Edad*grano	1	12	1,67	0,221
Sem.	2	12	9,99	0,0028
Edad*sem.	2	12	10,69	0,0022
Grano*sem.	2	12	22,61	<,0001
Edad*grano*sem.	2	12	2,6	0,1157

Anexo No. 37. Fuentes de variación para consumo de energía metabolizable expresado en mcal

Fuente de variación	DF núm.	DF den.	Valor de F	Pr > F
Edad	1	12	52,12	<,0001
Grano	1	12	8,08	0,0148
Edad*grano	1	12	0,32	0,5837
Sem.	2	12	3,85	0,051
Edad*sem.	2	12	5,38	0,0215
Grano*sem.	2	12	21,05	0,0001
Edad*grano*sem.	2	12	3,17	0,0785

Anexo No. 38. Fuente de variación para comportamiento de consumo

Fuente de variación	DF núm.	DF den.	Valor de F	Pr > F
Trat.	3	28	1,85	0,1609
Semana	2	53	36,25	<,0001
Día_dentrosem.	1	31	1,88	0,1806
Trat*semana	6	53	1,15	0,3492

Anexo No. 39. Fuente de variación para comportamiento de rumia

Fuente de variación	DF núm.	DF den.	Valor de F	Pr > F
Trat.	3	28	0,57	0,639
Semana	2	53	7,97	0,0009
Día_dentrosem.	1	31	19,1	0,0001
Trat*semana	6	53	0,34	0,9143

Anexo No. 40. Fuente de variación para comportamiento de descanso

Fuente de variación	DF núm.	DF den.	Valor de F	Pr > F
Trat.	3	28	1,19	0,3299
Semana	2	53	49,33	<,0001
Día_dentrosem.	1	31	23,5	<,0001
Trat*semana	6	53	1	0,4362

Anexo No. 41. Fuentes de variación para digestibilidad de la materia seca

Fuente de variación	F	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr > F
Grano	1	1211,26042	1211,26042	50,61	<,0001
Edad	1	144,550417	144,550417	6,04	0,0302
Grano*edad	1	45,100417	45,100417	1,88	0,1949
Sem.	2	12,403333	6,201667	0,26	0,7759
Grano*sem.	2	7,053333	3,526667	0,15	0,8645
Edad*sem.	2	358,613333	179,306667	7,49	0,0077
Grano*edad*sem.	2	58,963333	29,481667	1,23	0,3261

Anexo No. 42. Fuente de variación para eficiencia de conversión

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr > F
Edad	1	4,71245	4,71245	5,26	0,0835
Grano	1	0,55125	0,55125	0,62	0,4765
Edad*grano	1	0,0392	0,0392	0,04	0,8445

Anexo No. 43. Fuentes de variación para peso final

Fuente de variación	DF	Type IV SS	Mean square	Valor de F	Pr > F
Edad	1	14280,5	14280,5	29,52	0,0056
Grano	1	128	128	0,26	0,6341
Edad*grano	1	4,5	4,5	0,01	0,9278

Anexo No. 44. Fuente de variación para ganancia media diaria

Fuente de variación	DF núm.	DF den.	Valor de F	Pr > F
Grano	1	126	1,13	0,2889
Edad	1	126	81,71	<,0001
Grano*edad	1	126	0,97	0,3258
Día	1	131	1652,32	<,0001
Día*grano	1	131	0,38	0,5386
Día*edad	1	131	0,21	0,6498

Anexo No. 45. Fuente de variación para rechazos expresados como % del ofrecido

Fuente de variación	DF núm.	DF den.	Valor de F	Pr > F
Edad	1	4,12	0,36	0,5797
Grano	1	4,12	0,01	0,9321
Edad*grano	1	4,12	1,54	0,2808
Semana	20	783	24,22	<,0001
Edad*semana	20	783	2,21	0,0018
Grano*semana	20	783	3,69	<,0001
Edad*grano*semana	20	783	3,99	<,0001
Día_dentrosem	6	783	6,74	<,0001
Edad*día_dentrosem	6	783	0,34	0,9182
Grano*día_dentrosem	6	783	0,95	0,4583
Edad*grano*día_dentrsem	6	783	0,08	0,9979