

FICHA DE EVALUACIÓN

1. Apellido y nombre del alumno: Luaces, Juan Manuel

2. Tipo de trabajo.

TRABAJO FINAL

3. Título del proyecto del trabajo final:

Evaluación del consumo residual de dos familias de Bovinos de la raza Braford en Mercedes, Corrientes

4. Año de ingreso a la Carrera:

5. Año de aprobación del proyecto de tesis / trabajo final:

6. Fecha de defensa del proyecto de tesis / trabajo final: 26/4/2023

7. Calificación obtenida: 10 (diez)

8. Apellido y nombre de la Tutora: Hug, María Gabriela

9. Composición del tribunal examinador.

* Apellido y Nombre

1- Galotta, Jorge M.

2- Sabatini, Diego

3- Perez Eseiza, Fernando

10. Resultados derivados del trabajo final.

* Indicar las referencias completas correspondientes a trabajos de investigación, presentación a congresos y/o seminarios, publicaciones (tipos).

1-

2-

3-

11. Otra información.



Ingeniería Agronómica

“Evaluación del consumo residual de dos familias de Bovinos de la raza Braford “en Mercedes Corrientes”.

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero Agrónomo**

Autor: Juan Manuel Luaces

Tutor: Medica Veterinaria Hug María Gabriela

2023

Resumen:

La ineficiencia de conversión del alimento por parte de los bovinos en los sistemas de producción tanto intensivos como extensivos, es uno de los principales factores que generan una pérdida económica en la producción ganadera a nivel mundial, ya que esto genera una pérdida de energía significativa por parte de los animales que son más ineficientes en la conversión del alimento disminuyendo así la transformación de la energía en carne. A su vez esta ineficiencia no solo genera una disminución en la rentabilidad de los productores, sino que también genera una mayor emisión de gases de efecto invernadero como el metano y el dióxido de carbono que contribuyen a aumentar el impacto ambiental. El consumo residual es una forma de cuantificar la eficiencia de conversión del alimento en carne, ya que se calcula en base de la obtención de datos de mediciones individuales de ingesta diaria de alimento y ganancias diarias de peso, lo que resulta en una herramienta confiable que permite conocer la eficiencia de conversión que tiene un determinado animal. Esta herramienta busca que los productores puedan tener un criterio de selección sobre aquellos animales que tengan un menor consumo residual, es decir aquellos que sean más eficientes en la transformación de alimento en carne ya que este rasgo tiene una heredabilidad moderada de $H^2: 0,29-0,46$ lo que le da un gran potencial de selección para este carácter sin alterar otros caracteres como tamaño corporal y tasa de crecimiento entre otros. El beneficio de seleccionar animales que tengan un menor CR no solo es del tipo económico ya que los productores podrían llegar a la misma ganancia de peso diaria de los mismos suministrando menor alimento, sino que también permite ser más eficientes en la utilización de los recursos forrajeros de los establecimientos, siendo los mismos una condicionante a la hora de planificar la oferta forrajera, siendo que un buen uso de estos podría ayudar a aumentar la carga de los rodeos a campo. Otro tema que está tomando una gran importancia a nivel mundial y que crece año a año es la emisión de gases de efecto invernadero en los planteos de producción ganaderos, que cada vez van de a poco buscando que los productores tengan certificación sobre la huella de carbono en sus establecimientos, en este aspecto la selección de toros padres con mejor consumo residual disminuiría el impacto ambiental debido a que la emisión de gases como el dióxido de carbono y el metano disminuye considerablemente en aquellos animales que tienen un menor consumo residual, debido a que los mismos son más eficiente en la utilización de la energía para la producción de carne, produciendo menos gas metano el cual es sinónimo de ineficiencia ya que gran parte del mismo no es aprovechado por los animales, sino que es eliminado en el proceso de rumia en los bovinos, logrando así menos producción de gas metano por Kg de carne producido.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la diferencia en la eficiencia de conversión en dos familias de toros de la raza Braford y así determinar si había una mayor eficiencia en el consumo de alimentos en alguna de ellas. El estudio se realizó en la estación experimental del INTA mercedes, en la provincia de corrientes, en el cual participaron 12 toros de la raza Braford, 6 hijos de un toro llamado Contador, y otros 6 hijos del toro Cheruvicha los cuales tenían entre 10 a 11 meses de edad al comenzar el ensayo. Al llegar a la estación experimental se peso a los mismos con el fin de proporcionarles una dieta individual a base de maíz, pellet de algodón y rollo de setaria, la cual se evaluaba mediante lecturas de comedero con el fin de encontrar siempre un remanente de alimento el en mismo para así evaluar el consumo real de alimento en comparación al esperado. Durante el ensayo se realizaron 3 pesajes de los toros con el fin de determinar la ganancia de peso diaria que tuvo cada individuo durante el ensayo y así relacionarlo con el consumo de MS que había tenido el mismo, evaluando la eficiencia de conversión de cada animal. Los resultados obtenidos en el trabajo no fueron los esperados ya que no hubo una diferencia significativa en la eficiencia de conversión entre familias. Como conclusión podemos analizar de que en el ensayo no hubo variación entre el consumo residual de los individuos significativo, esto se lo atribuimos a que el n (número de animales participantes del ensayo) fue muy chica, y por ende que el coeficiente de variación de la prueba sea del 23%, por lo que se debería aumentar el número poblacional buscando así un menor coeficiente de variación y datos significativos que nos lleven a seleccionar animales por eficiencia de conversión.

Palabras clave: Consumo residual, eficiencia de conversión, potencial de selección.

Introducción:

El costo de la alimentación es uno de los principales factores económicos en los diferentes sistemas de producción bovina, siendo el 80% del costo total en sistemas intensificados (Santini *et al.*, 1997) y el 44 % del costo total en sistemas de producción pastoriles con suplementación (Alippe *et al.*, 1998). A su vez, los animales no logran transformar todo el alimento consumido en masa muscular, siendo que el bovino solo utiliza un 5% del consumo total de energía alimentaria para la deposición de proteínas (Ritchie, 2000). La eficiencia de este proceso de transformación también conocida como eficiencia de conversión toma un rol importante durante la alimentación de los animales e impactaría favorablemente en la rentabilidad del negocio agropecuario, disminuyendo el impacto ambiental por la disminución de la producción de gases de efecto invernadero. El consumo residual es una medida de la eficiencia de conversión neta (Kg de alimento por Kg de peso ganado), esta variable está tomando una gran importancia en la actualidad ya que los productores están evaluando la posibilidad de comenzar a seleccionar animales que, con un menor consumo, logran niveles similares de producción, o que con igual consumo logran mayores niveles de producción. Se ha demostrado que dentro de una misma raza hay animales que requieren hasta un 10-12% menos alimento para alcanzar un mismo nivel de producción. A su vez, Herd y Pitchford (2011) señalaron que los animales con un consumo residual menor (mayor eficiencia de conversión) son más magros que aquellos que poseen un mayor CR (menor eficiencia de conversión), esto significa que los animales podrían alcanzar diferentes niveles de engrasamiento según su consumo residual. ¿tenemos la oportunidad de seleccionar animales para ser más eficientes en la transformación del alimento en masa muscular?

Carstens y Kerley (2009) han observado que los avances que se hicieron en cuanto a la eficiencia de producción de carne, ha sido a través de factores como el manejo, la nutrición, la adopción de técnicas reproductivas, entre otros, y a los programas de selección genética con foco a mejorar las características que hacen al “producto final” como la ganancia de peso diaria, pero no así al “producto de ingreso” como es el consumo de alimento.

Para poder trabajar correctamente con la eficiencia de utilización del alimento, es indispensable comprender cuales son los gastos energéticos de un animal que justifican un consumo de alimento determinado. En ese sentido, el consumo residual (CR) es una medida de eficiencia que permitirá mejorar la utilización del alimento y, así reducir los costos de la empresa (Arthur y Herd, 2008).

El CR se definió originalmente como la diferencia entre el consumo de alimento que tiene un animal y el consumo esperado en función de sus requerimientos de mantenimiento y crecimiento (Koch *et al.*, 1963), siendo desde el punto de vista matemático el error de una regresión múltiple. Kelly *et al.* (2010) sostienen que, en base al modelo para estimar el consumo, las variaciones en el CMS son explicadas alrededor del 77%, por los requerimientos de mantenimiento y producción.

En la actualidad el CR se ha convertido en una alternativa interesante como medida para la caracterización de la eficiencia de utilización del alimento, puesto que permite que se incluya un mayor número de variables que expliquen la variación del consumo de alimento entre los animales. En este sentido Richardson y Herd (2004) explican que gran parte de la variación del CR entre animales se debe a diferencias en el comportamiento ingestivo, en la composición corporal, en el incremento calórico por fermentación, en la actividad, en la digestibilidad, en el “turn-over” proteico, en el metabolismo tisular y/o en el estrés.

Un método propuesto originalmente por Koch *et al.* (1963) proponía ajustar la ecuación en base al consumo metabólico del animal, separándolo en dos componentes, demostrando de esta manera que aquellos animales que mostraban menores consumos de materia seca (CMS) que lo esperado para una determinada GPD, poseían un consumo residual menor, es decir que serían más eficientes.

Componentes del consumo residual:

1. Consumo esperado para una determinada ganancia de peso diario, ajustándose a los requerimientos propios del animal.
2. La desviación de cada individuo de esta línea de regresión (residual) haciendo referencia a la eficiencia de conversión propia del individuo.

El consumo residual (*residual feed intake* en inglés, RFI) es un parámetro que estima la eficiencia en la conversión alimentaria de un animal, exponiendo su capacidad de conversión independientemente del nivel de producción. Este parámetro se ve expresado no como un valor de residuo físico del alimento, sino que sale de la diferencia que hay entre el consumo diario observado y el esperado (calculado) para un determinado GPD y un peso metabólico del animal (Anibal, Pordomingo, nota RFI Anguil 2019), es decir que aquellos animales que posean un valor de RFI negativo tendrán mayor eficiencia de conversión que aquellos animales que tengan valores positivos para un mismo nivel de ganancia de peso ya que estos animales consumirán más alimento de lo esperado para alcanzar estos valores.

Consumo Residual= CMS medido – CMS esperado

Consumo MS esperado: $\beta_0 + \beta_1 PM + \beta_2 GDP + \epsilon_i$

El RFI (residual feed intake) se calcula en base a datos obtenidos de mediciones individuales de ingesta diaria de alimento y ganancias diarias de peso (ADG) en ensayos de alimentación (Alende *et al.*, 2016). Estos datos de mediciones individuales son obtenidos a partir de ensayos que tienen una duración de 70-84 días (Sainz and Paulino, 2004).

Este rasgo de eficiencia alimentaria tiene una heredabilidad moderada $h^2 = 0,29 - 0,46$ (Herd and Bishop, 2000, Arthur *et al.*, 2001), lo que le da un gran potencial de selección por RFI sin alterar caracteres como tamaño corporal o la tasa de crecimiento (Archer *et al.*, 1999; Arthur *et al.*, 2001) por lo que existe potencial para agregarlo en planes de mejoramiento permitiendo así detectar variaciones genotípicas para identificar y clasificar a los rodeos como más eficientes y menos eficientes.

El CR está correlacionado directamente con el consumo de materia seca propio del animal ($r=0,66$, Rolfe *et al.*, 2011), pero no pasa así con la ganancia diaria de peso ya que se encuentran animales con bajos valores de CR para diferentes ganancias diarias de peso (Fitzsimons *et al.*, 2013, Perkins *et al.*, 2014).

Varios mecanismos han sido propuestos y analizados como posibles responsables de la variabilidad en el CR, ya que en el proceso de transformación de la energía bruta del alimento en carne ocurren pasos que podrían al menos estar involucrados teóricamente, y comprender estos mecanismos podrían ayudar a mejorar los planes de mejoramientos para incorporar este parámetro de eficiencia de conversión a la selección de animales (Alende *et al.*, 2017)

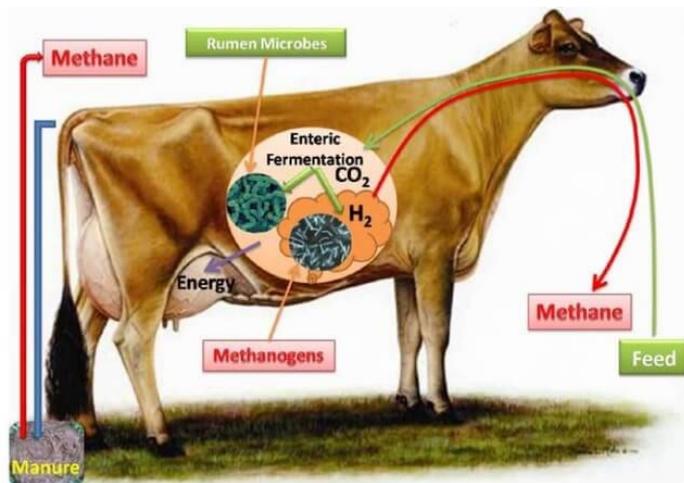
San Primitivo Tirados (2001) sostiene que en los últimos años los avances en genética molecular facilitaron la selección de marcadores asociados a genes de interés en producción animal, incluso de regiones genómicas que afectan caracteres cuantitativos. La utilización de estos marcadores se ha convertido en una herramienta valiosa para la selección de los padres respecto a uno o varios caracteres de interés, con el propósito de aumentar las diferencias de determinada característica en

la progenie. Esto permite lograr un mayor progreso genético en menor tiempo, en caracteres que son de difícil determinación, ya sea por la complejidad o por el costo de su determinación (consumo, calidad de carne, etc.) (Dekkers, 2004). Basarab et al. (2007) sostienen que, para mejorar el potencial genético en un rodeo, el mejor camino es a través de la selección de toros, puesto que el 80-90% del mejoramiento genético de los rodeos se realiza a través de estos. Por lo tanto, la utilización de toros seleccionados a través de marcadores genéticos con el objeto de poder aumentar las probabilidades de generar diferencias sobre determinada característica en sus hijos se presenta como una herramienta interesante, más aún cuando se trata de mediciones complejas, costosas y/o muy laboriosas, como suele ocurrir en los sistemas de pastoreo. Sin embargo, sí bien la selección genética ha incrementado definitivamente el nivel productivo, en las distintas especies pecuarias, también la morbilidad de diferentes enfermedades y trastornos se han visto incrementada (Rauw et al., 1998). Al respecto prácticamente no hay trabajo en la bibliografía consultada respecto a posibles asociaciones entre animales más eficientes por su CR y la mayor o menor probabilidad de padecer alguna patología.

Producción de gases en la producción pecuaria

En un principio, los beneficios de seleccionar animales por su bajo consumo residual eran con un punto de vista netamente económico. En la actualidad, a estos beneficios se le sumaron también aspectos ambientales, ya que los sistemas productivos pecuarios son una importante fuente de emisión de gases de efecto invernadero. Algunos trabajos de la FAO reportaron a la actividad como la responsable del 18% de la emisión de dichos gases (Steinfeld et al., 2006).

El metano es el principal gas producido durante los procesos fermentativos del rumen, el cual es llevado a cabo por bacterias metanogénicas en condiciones de anaerobiosis. Este gas supone una pérdida de la energía bruta ingerida por los rumiantes de un 12% (Gerber et al., 2013) lo que genera una disminución en el aprovechamiento de la energía disminuyendo la producción y la eficiencia.



La producción de gas metano es sinónimo de ineficiencia ya que es consecuencia de pérdida de energía (Jhonson and Jhonson, 1995), además de ser un gas de efecto invernadero (Nagaraja, 2012, Moss et al., 2000). Aquellos animales que posean RFI negativos producen menos gas metano que aquellos con mayor RFI, por lo que la selección por CR podría llevar a seleccionar aquellos animales que a su vez produzcan menos metano por Kg de carne producida (Fitzsimons et al., 2013). Hegarty et al (2007) reportaron que aquellos animales que tenían CR negativo producían un 24% menos de metano por KG de GDP, lo cual sugiere que existe una correlación entre CR y la producción de metano, aunque no esté del todo claro si las diferencias se deben al menor CMS, o si existen diferencias en el metabolismo ruminal de esos animales (Fitzsimons et al., 2013).

Principios de la fisiología Ruminal

La digestibilidad es uno de los mecanismos biológicos a través del cual se puede llegar a explicar la variación en el CR de los animales.

Aquellos animales que posean mayor capacidad de aprovechar los alimentos para mantenimiento y producción serían más eficientes en el uso de los nutrientes, Nkrumah et al., (2006) dijeron que aquellos animales que poseían menor CR, tenían a su vez mayor digestibilidad de MS y proteína, lo cual es cuestionado por otros autores que no hallan diferencia alguna en la digestibilidad entre animales que posean un CR constante (Cruz et al., 2010, Gomes et al., 2013, Fitzsimons et al., 2014). Estas diferencias en la digestibilidad podrían ser explicadas por cambios en el ecosistema microbiano ruminal que, a su vez, podrían traducirse en diferentes producciones de gas metano (Nkrumah et al., 2006), lo que implicaría una reducción del impacto ambiental a partir del uso de esta eficiencia de conversión. Guan et al. (2008) propusieron que estas diferencias, a nivel microbiológico, se deberían a la presencia de grupos bacterianos propios de los animales de bajo CR.

Costo energético del metabolismo:

La energía de mantenimiento es la fracción de energía neta consumida que es destinada a mantener el equilibrio energético del animal que corresponde funciones como metabolismo basal, termorregulación, actividad voluntaria del animal, etc. Existen evidencias de que aquellos animales que poseen menor CR a su vez tienen un menor costo de mantenimiento (Archer et al., 1999, Herd and Bishop 2000, Castro Bulle et al., 2007, Gomes et al., 2012). Esta evidencia sugiere que en aquellos escenarios en los que hay restricciones nutricionales en los animales, los animales con menor CR podrían ser más eficientes en términos productivos independientemente de su potencial de ganancia lo cual sería sumamente beneficioso ya que suele ocurrir que en ciertos periodos algunos sistemas pastoriles presentan deficiencias alimenticias.

El recambio proteico a nivel tisular es un proceso que tiene una alta demanda energética lo cual representa una alta proporción de la tasa metabólica en reposo (Castro Bulle et al., 2007), de allí su posible relación con el CR, ya que aquellos animales que poseen mayor consumo residual mostraban niveles más altos de proteínas plasmáticas, urea y aspartato aminotransferasa, siendo todos indicadores de mayor degradación muscular (Richardson et al., 2004). A su vez algunos autores como McDonagh et al. (2001) encontraron evidencia que en aquellos animales con menor CR había una mayor actividad de la calpastatina, siendo esta un inhibidor de la degradación muscular, y esta mayor actividad podría explicar parcialmente la mayor eficiencia de los animales que tienen menor CR.

A su vez, las vísceras son responsables en gran medida del gasto de energía en reposo ya que poseen una alta actividad metabólica (Reynolds, 2002). Esto explica que haya una relación negativa entre el tamaño visceral del animal y la eficiencia energética que tendrá el mismo, por lo tanto, a mayor tamaño de las vísceras, se gastara más energía en reposo y habrá menor eficiencia en su uso (Johnson et al., 1990).

Richardson et al. (1999) reportaron que entre el CR y la cantidad de pasos que realizaba un animal medida a través de un podómetro había una correlación positiva ($r=0,32$). A su vez, Gomes et al. (2013) encontraron que aquellos animales que pasaban más tiempos echados, es decir que tenían menor nivel de actividad eran más eficientes. La frecuencia con la que el animal se acerca al comedero, el nivel de ingesta (CMS/min) y el tiempo de permanencia en el comedero, se espera que sean mayores en aquellos animales que son menos eficientes en la conversión del alimento, es decir en los animales con mayor CR (Gomes et al., 2013, Robinson and Oddy, 2004, Nkrumah et al., 2006). Herd and Arthur consideran que el comportamiento alimenticio y la actividad física de los animales explican alrededor del 12% de la variabilidad en el consumo residual de los mismos.

Relación entre el CR y la calidad de res

Richardson et al. (2001) analizaron la progenie de animales que tenían diferentes valores de CR, encontrando que la descendencia de aquellos que poseían menor CR a su vez mostraban menor contenido de grasa en la carcasa.

También otro autor señaló en sus estudios que los niveles de marmóreo y el espesor de la grasa subcutánea tenían una correlación positiva con el CR (Basarab et al., 2003). Si bien las correlaciones que existen en muchos casos son débiles, y a pesar de que algunos estudios no reportaron valores significativos entre el consumo residual y el contenido de grasa (Mader et al., 2009, Cruz et al., 2010, Fitzsimons et al., 2014, Perkins et al., 2014), parecería existir cierta tendencia a una ganancia más magra en la carne de aquellos animales que son más eficientes en el uso de la energía, es decir, los de menor CR.

Objetivos generales:

- Determinar la eficiencia de conversión en toros de la raza Braford

Objetivos específicos:

- Medir el consumo individual de los animales
- Determinar su eficiencia de conversión

Materiales y métodos:

El estudio experimental de evaluación de CR de los toritos Braford se realizó en el centro sur de la Provincia de Corrientes, Argentina (figura 1), en el departamento de Mercedes (29°11'S- 58° 03'O), en la estación experimental del INTA Mercedes (figura 2).



Figura 1: Ubicación de la zona donde se realizó el estudio a nivel macro región.

Mediante la siguiente imagen satelital se puede observar en el punto marcado como referencia la ubicación de Mercedes Corrientes de donde se obtuvieron los datos de la evaluación del consumo residual.

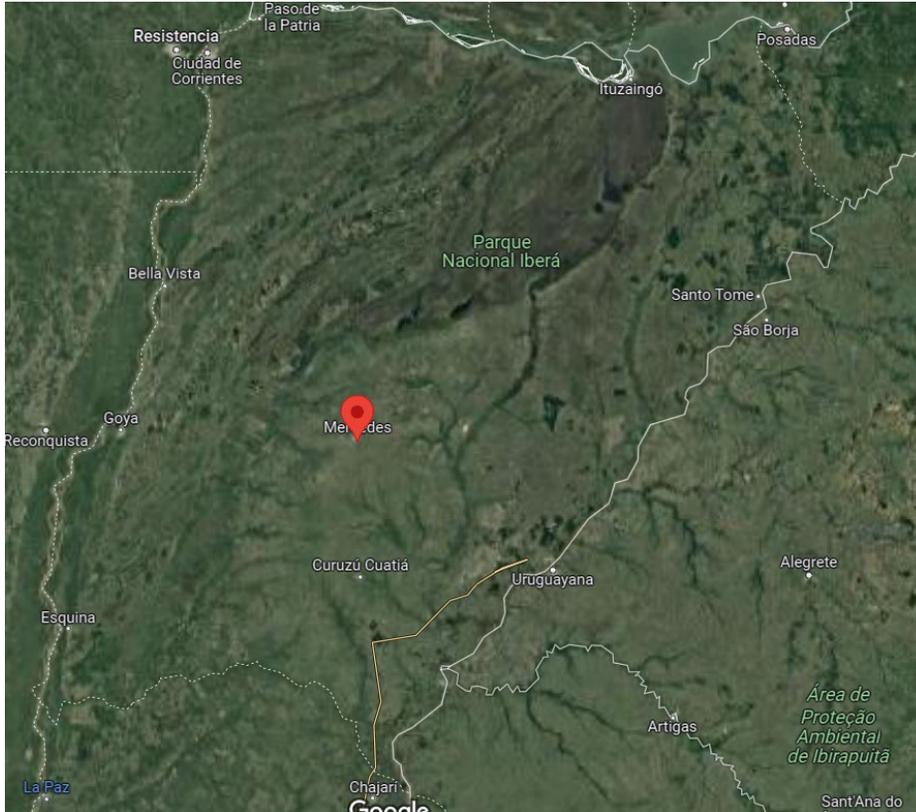


Figura 2:

Animales en estudio:

El trabajo se realizó con 12 toritos de la raza Braford, los cuales se separaron en dos grupos para estudiarlos, 6 hijos de un mismo padre (CONT= Contador), y los 6 restantes, hijos de otro padre (CHE= Cheruvicha) para así evaluar el CR, es decir, la mejor conversión del alimento en carne. Los animales fueron caravaneados con números del 1 al 12 según el corral que se le había asignado, y anotado en una planilla para su correcta identificación la cual contaba con la información del tatuaje del toro, número de corral, caravana, número de id de la madre, nombre del padre, fecha de nacimiento y peso al destete.

Corral	Caravana ter*	Tatuaje ter*	Madre	Padre	Fecha Nac*	Peso dtt*
1	H 682	0187	8545	CHE	12/08/2020	195
2	H 626	0037	770-5	CONT	14/07/2020	177
3	H 590	0023	685-7	CONT	13/07/2020	214
4	H 730	0098	465-0	CHE	29/07/2020	185
5	H 771	0003	4566	CONT	01/07/2020	238
6	H 683	0105	479-0	CONT	03/08/2020	195
7	H 701	0206	559-7	CHE	16/08/2020	200
8	H 586	0048	463-1	CONT	17/07/2020	162
9	H 807	0137	8165	CHE	07/08/2020	180
10	H 004	0046	423-5	CONT	17/07/2020	214
11	H 621	0024	589-9	CHE	13/07/2020	200
12	H 749	0086	8222	CHE	27/07/2020	215

*Caravana ter: caravana ternero; Tatuaje ter: tatuaje ternero; Fecha Nac: fecha de nacimiento; Peso dtt: peso destete.

Figura 3: tabla de identificación de los animales en estudio.



Figura 4: Torito Braford parte del ensayo.

Como se observa en la figura 4, a los toritos se les colocó en la oreja derecha una caravana blanca con el número de corral asignado y en la oreja izquierda la caravana de identificación del animal

Los mismos fueron puestos en corrales individuales de (medidas de los corrales) los cuales tenían un comedero individual y bebida compartida. Los corrales se respetaron desde el inicio del ensayo hasta que se finalizó el mismo sin excepción alguna. De los mismo se tomaban los datos a analizar durante la prueba experimental, y a su vez se verificaba que el comportamiento de los animales sea el normal, y se revisaba que la bebida esté funcionando correctamente de forma diaria para evitar así cualquier comportamiento anormal en el consumo de los toritos por falta de agua.



Figura 4: Corrales individuales en la estación experimental del INTA Mercedes donde se llevó a cabo el trabajo de investigación

Los animales llegaron a la estación experimental el lunes 1 de junio de 2021 provenientes del campo del INTA Mercedes, donde se encontraban a campo natural, y se los colocó en sus corrales. Durante los primeros 20 días se les dio una dieta de acostumbramiento a base de maíz, expeller de algodón y rollo de setaria hasta el comienzo del ensayo el 21/6/2021. El día 17/6/2021 se pesaron los toritos con una balanza digital para conocer sus pesos antes del comienzo del ensayo y se les armó la dieta en base a su peso vivo. La misma se hizo teniendo en cuenta la composición química del alimento el cual fue analizado en el laboratorio de la estación experimental, conociendo así su energía metabolizable, proteína y materia seca. La dieta se realizó de forma individual a cada animal al 3,5% del peso vivo y su composición fue de 30% de grano de maíz, 30% de expeller de algodón y 40% de rollo de setaria.

Toros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pesos 1	284	253	275	254	234	245	261	238	241	252	317	224
Pesos 2	292	264	280	264	251	271	272	256	268	260	326	242,5
Corrales	10	8	3	11	2	1	6	7	4	12	5	9
Consumo base seca	10,2	9,2	9,8	9,2	8,8	9,5	9,5	9,0	9,4	9,1	11,4	8,5
Consumo tal cual	11,77	10,65	11,29	10,65	10,12	10,93	10,97	10,32	10,81	10,48	13,15	9,78
Maíz	3,2	2,9	3,1	2,9	2,8	3,0	3,0	2,8	2,9	2,9	3,6	2,7
Expeller	3,2	2,9	3,1	2,9	2,8	3,0	3,0	2,8	2,9	2,9	3,6	2,7
Heno	5,4	4,8	5,1	4,8	4,6	5,0	5,0	4,7	4,9	4,8	6,0	4,4

	maíz	Expeller soja	Heno	Maíz
%MS	12,3	12	15	12
fósforo	0,36	0,56		
proteína bruta	11,4	45,1	4	9
FDA	17,2	34,7		
EM	2,72	2,23	1,8	3

	14 jul	pellet	Maíz	Forraje
5	3,6	3,6	6	
8, 11, 2, 7, 4, 12, 9	2,8	2,8	4,7	
10, 3, 1, 6	3,1	3,1	5,1	

	%MS	Dieta (%)	ieta (%MH)
%MS	13,2	Maíz	30
%PB	17,8	Expeller	30
EM	2,29	Heno	40
		Total	100

Figura 5: Composición e ingredientes de la dieta de los toros en estudio.

Para facilitar la entrega del alimento en los corrales, se agrupó a los mismos por pesos similares ya que sus dietas tenían una formulación similar de los ingredientes y se las preparaba de forma individual, pero con la misma cantidad de maíz, pellet de algodón y rollo de setaria.

La dieta se daba todos los días al mismo horario, se hacía a primera hora la lectura de comedero y recolección de muestras del rechazo de cada corral, luego se preparaban las raciones para los animales, y se repartían a las 9 am todos los días sin excepción. Los días de lluvia no se media el rechazo ni se tomaban las muestras ya que el comportamiento normal de consumo de los animales podía verse afectado por la lluvia y a su vez las muestras tenían mayor cantidad de agua por lo que se podría cometer algún tipo de error analítico sobre esos muestreos.

El ensayo se realizó en invierno por una cuestión climática de la zona de corrientes, ya que esta zona posee temperaturas muy elevadas a partir del mes de noviembre/diciembre, por lo que los animales podrían sufrir estrés calórico y alterar su comportamiento de consumo con esas temperaturas, por eso se buscó desestimar cualquier error que se podía producir en la lectura de los datos de consumos de los animales realizando el ensayo con temperaturas ambientales más bajas a moderadas.

El ensayo duro desde el 17/6/2021 con el primer pesaje de los toritos hasta el 18/8/2021 con el ultimo pesaje de estos. Durante el mismo se realizaron 3 pesajes, en el inicio el 17/6, un segundo pesaje el 14/7 con el fin de ajustar la dieta y ver el desarrollo de los toritos. Además, se midió la circunferencia escrotal de los mismos ya que algunos de estos iban a quedar en el establecimiento productivo del INTA Mercedes como futuros padres y otros iban a venta. El tercer y último pesaje el 18/8. La dieta no solo se modificaba en base al peso vivo, sino que se buscó que los animales siempre dejaran un remanente del 10% del alimento entregado para poder medir su consumo. En caso que el animal comiera todo lo que se le había asignado en base a su peso vivo, se ajustaba la dieta hasta lograr obtener ese remanente para medir.

Muestras:

En cuanto a la evaluación del consumo de los animales, se llevaron a cabo planillas de recolección de datos en las cuales se anotaba la cantidad de maíz, expeller de algodón y rollo con los que se armaba la dieta individual de cada corral, y al otro día se hacía una lectura de comedero también individualizada para cada animal previo a la entrega de alimento, en la que se pesaba el remanente que había dejado el mismo, se anotaba en la planilla.

Planilla de recolección de mediciones

Identificación Corral	Cantidad	Tipo	DIA 1		DIA 2		DIA 3		MS Entrega	MS Rzo	% de component	Obs
			entrega	rechazo	entrega	rechazo	entrega	rechazo				
1	1,8	MAIZ EXP	2,7	5,4	0,800	1,8+2,8+5,7	1,1	1,8	1,8+2,7			
2	1,7	MAIZ EXP	2,5	5,3	1,9	1,8+3,5+5,4	1,3	1,4	1,7+2,5			
3	2	MAIZ EXP	3,1	6	0,800	2+3+6,3	1,4	2	2,1+3			
4	1,7	MAIZ EXP	2,5	5,4	0,800	1,7+2,6+5,4	0,800	1,7	1,7+2,5			
5	2,3	MAIZ EXP	3,5	6,4 = 12,2	Sin Rechazo	2+3+6,3	1,6	2,3	2,1+3,5			
6	1,8	MAIZ EXP	2,7	5,8	0,700	1,9+2,8	0,600	1,8	1,9+2,7			
7	1,7	MAIZ EXP	2,5	5,5	1,900	1,7+2,6+5,4	2,1	1,7	1,8+2,5			
8	1,8	MAIZ EXP	2,7	5,8	0,500	1,9+2,8	0,700	1,8	1,8+2,7			
9	1,7	MAIZ EXP	2,5	5,4	3,6	1,7+2,6+3,5	3,1	1,7	1,7+2,5			
10	2	MAIZ EXP	3	5 = 10	0,300	2,1+3+6,5	0,900	2	2+3			
11	1,8	MAIZ EXP	2,7	5,8	2,2	1,9+2,7+5,8	0,800	1,8	1,8+2,6			
12	1,7	MAIZ EXP	2,7	5,7	1,5	1,7+2,7+5,8	0,13	1,9	1,7+2,7			

Figura 6: planilla de recolección de datos de los corrales.

A su vez, se recolectaba en una bolsa rotulada una muestra del alimento que había dejado el animal por corral, en el rotulo se ponía la fecha de recolección de la muestra y el corral a la cual pertenecía la misma, esas muestras del rechazo de alimento de cada animal se pesaban y se mandaban a una estufa para calcular la materia seca de las mismas haciendo el peso inicial antes de meter a la estufa menos el peso final (peso seco). Una vez teniendo la materia seca del rechazo se picaron las muestras con una picadora y se armó por corral un pool de muestras que se mandaron a analizar al laboratorio para evaluar la composición química del rechazo de cada animal



Figura 7. Máquina moledora de forraje previo al análisis de calidad.

A partir de todos los datos registrados en los 81 días de ensayo sobre el consumo de los toritos, se calcularon los datos necesarios para obtener el consumo de materia seca sobre kg ganado por animal, para así poder comparar como fue el comportamiento y la relación entre los kg de materia seca ingeridos por el animal sobre la ganancia de peso que tuvo el mismo, con el fin de evaluar si hubo animales que sobresalían por sobre otros en la eficiencia de conversión del alimento en kg de carne producidos.

Obtención de datos:

Luego del trabajo de recolección de datos de los animales del ensayo, se procedió a confeccionar una planilla de Excel para calcular y obtener los distintos parámetros para llegar así al cálculo de consumo individual de cada animal.

En la planilla se volcaron los datos de todas las semanas en las que fueron evaluadas los animales pertenecientes al ensayo, como la entrega de alimento, el rechazo de alimento, el peso en verde y peso seco calculado de la muestra tomada en la recolección del remanente en el comedero, y la ganancia en kg de los animales durante el ensayo, y a partir de esos datos se calculó el % de materia seca del rechazo, la entrega en kg de materia seca de alimento dado en el corral, el rechazo en kg de materia seca y el consumo de materia seca/animal.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
corral	semana	entrega	rechazo	Ps verde	Ps seco	% MS rechazo	Rechazo kg ms/ds/animal	entrega kg MS/animal	Consumo kg MS/animal	PF-Pinicial- kg	P	PB	FDN	FDA
1	1	9,900	0,800	46	35,5	77%	0,617	5,297	4,680		0,063	4,4	37,7	45,5
2	1	10,300	1,100	18,6	13,4	72%	0,792	5,512	4,719	56				
3	1	10,3	0,600	54,7	40,6	74%	0,445	5,512	5,066		0,063	6,5	77,2	45,6
4	1	10,2	1,4	50	45,6	91%	1,277	5,458	4,181					
5	1	10,2	1,5	40,6	26,8	66%	0,990	5,458	4,468					
6	1	10	1,600	29,2	22,1	76%	1,211	5,351	4,140		0,034	4,9	80	48,8
7	1	10,5	1,8	21,4	17,6	82%	1,480	5,619	4,138					
8	1	11,2	1,200	14,5	12,9	89%	1,068	5,993	4,926		0,037	6,3	55,1	83,3
9	1	11,3	1,000	21,1	16,1	76%	0,763	6,047	5,284					
10	1	10,9	2,000	24,3	20,3	84%	1,671	5,833	4,162		0,353	19	20,6	43,1
11	1	11,3	2	44,3	35,9	81%	1,621	6,047	4,426					
12	1	11,4	1,200	51,1	46,1	90%	1,083	6,100	5,018		0,196	9,6	39,7	65,2
13	1	9,3	1	20,9	17	81%	0,813	4,976	4,163					
14	1	13,2	1,000	48,6	31,3	64%	0,644	7,063	6,419		0,252	14,6	46,9	27,3
15	1	13,2	0,95	68,1	60	88%	0,837	7,063	6,226					
16	1	13,1	0,900	36	33,3	93%	0,833	7,010	6,177		0,112	6,4	69,9	39,5
17	1	13,2	1,2	25,9	22,6	87%	1,047	7,063	6,016					
18														
19														

Figura 8: Imagen ejemplo de la hoja de cálculo del consumo por corral individual de los toritos.

Como se puede observar en la figura 8, se calcularon las columnas pintadas de amarillo a partir de los datos volcados de la planilla de campo en la que se recolectaban los datos de consumos diarios de los animales.

El % de MS (materia seca) se calculó a partir de la muestra tomada del remanente dejado por los animales, que se anotaba el peso verde inicial (muestra con agua), luego se mandaba a estufa y se pesaba el peso final o peso seco (peso sin agua) siendo el % de MS rechazo= peso seco/peso verde.

Rechazo en Kg MS/animal= Rechazo x % de MS

Entrega en Kg MS/animal = entrega x % de MS

Consumo en Kg MS/animal= entrega en KG MS – Rechazo en KG de MS. Este es el dato de la cantidad de kg de MS de alimento que tuvo el animal, es decir, la cantidad real de alimento consumido por el animal desestimando la cantidad de agua que poseía el mismo.

Ganancia en Kg del animal en el ensayo = peso del animal al finalizar el ensayo – peso del animal al inicio del ensayo.

A partir de los datos de consumos diarios obtenidos, se armó un promedio por semana del consumo en KG de MS de alimento y luego un promedio del consumo total durante todo en ensayo en KG de MS de alimento/animal x día, el cual se tomó el consumo total promedio y se lo multiplico por los días de duración del ensayo.

La ganancia de peso diaria (GDP) es igual a (el peso del animal al finalizar el ensayo – el peso del animal al iniciar el ensayo) / los días de duración del ensayo

Para calcular el % de MS consumida según el PV, se calculó el promedio del peso del animal durante el ensayo, para luego hacer el promedio del peso del animal / Consumo total/KG de aumento de peso.

Análisis de datos y discusión de los resultados:

Para el análisis de datos, se utilizó el programa estadístico infostat, en el cual se realizó un análisis de la variancia mediante un diseño completamente aleatorizado (DCA), en el cual se evaluaron la variabilidad del peso de los toritos como variable dependiente, y como variable independiente los padres de los toritos, para evaluar así si hubo una relación entre la eficiencia de conversión del

alimento entre los toritos del ensayo y a su vez si hubo variabilidad según la familia a la cual pertenecían los animales.

Se eligió el método de DCA debido a que la característica esencial de este diseño es que todas las posibles fuentes de variación o de influencia sobre la variable dependiente están controladas y sólo hay efecto del factor en estudio.

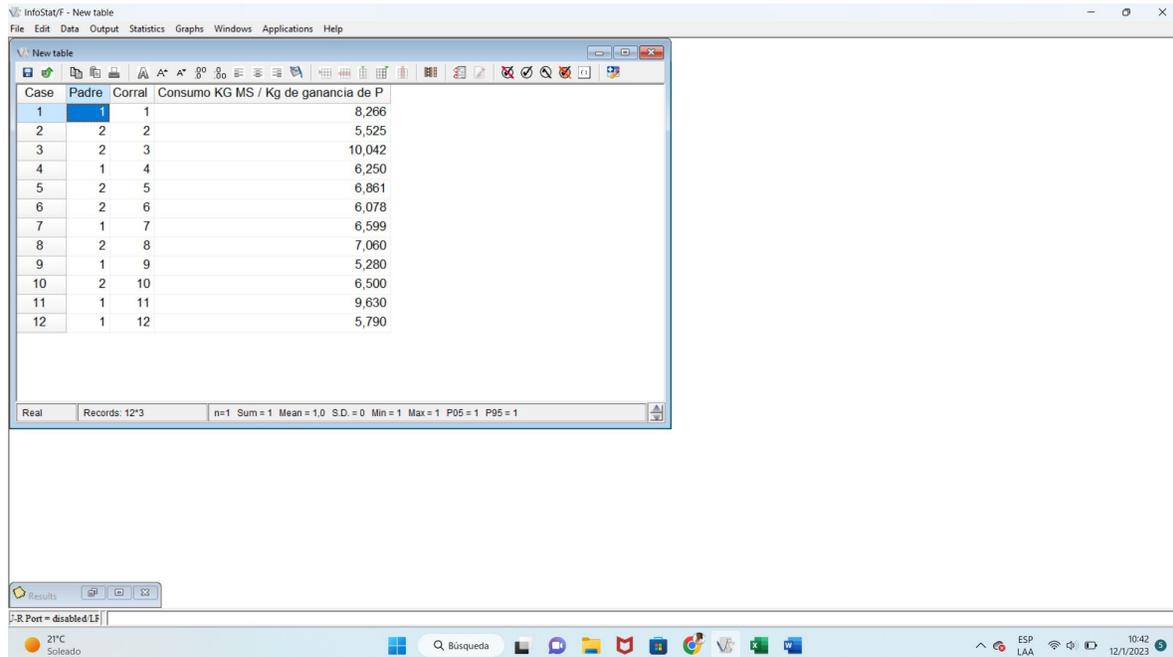


Figura 9. Determinación de eficiencia de conversión mediante Infostat[®].

Como se puede observar anteriormente, en el DCA se cargaron los datos de eficiencia de conversión (consumo de MS (kg)/ ganancia de peso (kg)) de cada corral, y a su vez se cargó cuál de los dos toros padres pertenece a cada corral, quedando dos grupos de 6 toritos cada uno, a los cuales el padre 1 pertenece al toro CHERUVICHA y el padre 2 CONTADOR. Esto se hizo para evaluar a su vez si hubo una respuesta significativa entre las dos familias de toritos, buscando así una respuesta en la eficiencia de conversión según el padre de cada grupo, es decir, si un grupo podría haber heredado la característica de mayor eficiencia de conversión de su padre.

Ho (hipótesis nula): NO Hay variación entre la eficiencia de conversión de los toritos del padre 1 con respecto a los de padre 2.

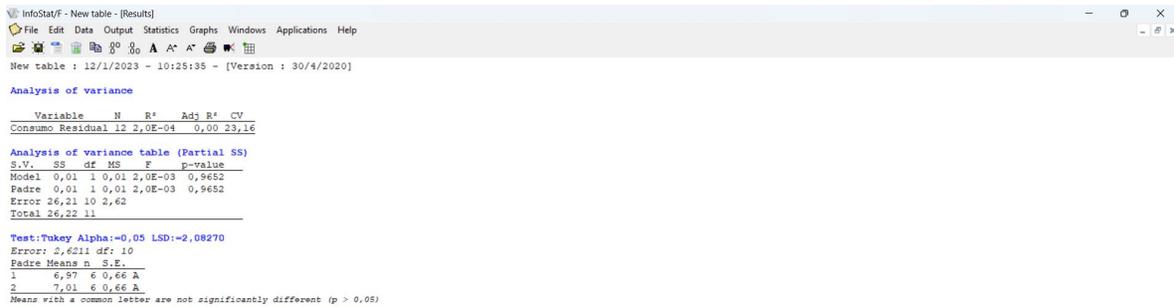


Figura 10. Resultados del DCA con un p valor fijo de 0,05.

En la figura 10 se puede observar que mediante el análisis de la varianza se obtuvo un p valor de 0,965, es decir, mayor al nivel de significación que habíamos fijado de 0.05, esto quiere decir que no se rechaza la hipótesis nula, siendo que no hay variación entre animales de diferentes padres en la eficiencia de conversión.

A su vez se puede observar un coeficiente de variación de 23,16, consideramos este coeficiente de variación es muy alto ya que es superior al 20 % por lo que podríamos atribuirlo a que nuestra población del experimento era muy chica, dándonos mucha variación entre los valores de consumo de los individuos, lo cual no podemos concluir que existe una eficiencia de conversión atribuible a cada población.

Como conclusión podemos analizar de que en el ensayo no hubo variación entre el consumo residual de los individuos significativo, esto se lo atribuimos a que el n (número de animales participantes del ensayo) fue muy chica, y por ende que el coeficiente de variación de la prueba sea del 23%, por lo que se debería aumentar el número poblacional buscando así un menor coeficiente de variación y datos significativos que nos lleven a seleccionar animales por eficiencia de conversión, y así contribuir al desarrollo de la ganadería regional.

Bibliografía:

- Alippe, H y O.V. Satorre. 1998. Análisis de la ganadería en planteos mixtos. En: Jornadas de actualización técnicas en ganadería. AACREA Zona Mar y Sierra
- Herd, R.M. and Arthur, P.F. 2009. Physiological basis for residual feed intake.
- Alende, M., Lancaster, P.A., Spangler, M.L., Pordomingo, A.J. and Andrae, J.G. 2016. Residual feed intake in cattle: Physiological basis. A review. Revista Argentina de Produccion Animal. Vol 36 N°2: 49-56
- Archer, J.A., Richardson, E. C., Herd, R. M., and Arthur, P. F. 1999. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a Review. Aust. J. Agric. Res. 50: 147-161.

- Arthur, P. F., Archer, J. A., Jhonston, D. J., Herd, R. M., Richardson, E.C. and Parnell, P. F. 2001. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle.
- Basarab, J.A., Price, M.A., Aalhus, J.L., Okine, E.K., Snelling, W.M. and Lyle, K.L. 2003. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Canadian J. Anim. Sci.*, 83: 189-204.
- Bishop, S.C. 1992. Phenotypic and genetic variation in bodyweight, food intake and energy utilization in Hereford cattle II. Effects of age and length of performance test. *Livest. Prod. Sci.* 30:19-31
- Cartens, G.E. and Kerley, M.S. 2009. Biological basis for variation in energetic efficiency of beef cattle. Proceedings of the beef improvement federation 41st Annual Research Symposium. California, USA.
- Castro Bulle, F.C.P., Paulino, P.V., Sanches, A.C. and Sainz, R.D. 2007. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. *J. Anim. Sci.* 85:928-936.
- Cruz, G.D., Rodriguez-Sanchez, J.A., Oltjen, J.W. and Sainz R.D. 2010. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. *J. Anim. Sci.* 88:324-329.
- Dekkers, J.C. 2004. Commercial application of marker-and-gene-assisted selection in livestock: Strategies and lessons. *Journal of animal Science*, 82: 313-328.
- Fitzsimons, C., Kenny, D.A., Deighton, M.H., Fahey, A.G. and McGee, M. 2013. Methane emissions, body composition, and rumen fermentation traits of beef heifers differing in residual feed intake. *J. Anim. Sci.* 91:5789-5800.
- FRAZER, D. J.; RITCHIE, J. S. D.; FRAZER, A. F. 1975. The term 'stress' in a veterinary context. *British Vet. J.* 131: 653-658
- Gomes. R.C., Sainz. R.D., Silva, S.L., Cesar, M.C., Bonin, M.N. and Leme, P.R. 2012. Feedlot performance, feed efficiency reranking, carcass traits, body composition, energy requirements, meat quality and calpain system activity in Nellore steers with low and high residual feed intake.
- Gomes R., Sainz R.D. and Leme P.R. 2013. Protein metabolism, feed energy partitioning, behavior patterns and plasma cortisol in Nellore steers with high and low residual feed intake. *Revista Brasileira de Zootecnia* 42: 44-50.
- GUAN, L.L.; NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; MOORE, S.S. 2008. Linkage of microbial ecology to phenotype: correlation of rumen microbial ecology to cattle's feed efficiency. *FEMS Microbiology Letters*. 288(1):85-91.
- Hristov, A.N., Oh, J., Firkins, J.L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Makkar, H.P.S., Adesogan, a. T., Yang, W., Lee, C., Gerber, P.J., Henderson, B., Tricarico, J.M., 2013. SPECIAL TOPICS-Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science* 91, 5045-5069.
- Hegarty, R.S., Goopy, J.P., Herd, R.M. and McCorkell, B. 2007. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *J. Anim. Sci.* 85:1479-1486
- Herd, R.M. and Bishop, S.C. 2000. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle.
- Herd, R.M. and Arthur, P. F. 2009. Physiological basis for residual feed intake. *J. Anim. Sci.* 87 (E. Suppl.) E64-E71. • Houseknecht, K.L., Baile, C.A., Matteri, R.L. and Spurlock, M.E. 1998. The biology of leptin: A review. *J. Anim. Sci.* 76: 1405-1420

- Johnson D.E., Johnson K.A. and Baldwin R.L. 1990. Changes in liver and gastrointestinal tract energy demands in response to physiological workload in ruminants. *Journal of Nutrition* 120: 649–655
- Koch, R.V., Swiger, L.A., Chambers, D. and Gregory, K.E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 22:486-494
- KELLY, A.K.; MCGEE, M.; CREWS, D.H.; FAHEY, A.G.; WYLIE, A.R.; KENNY, D.A. 2010a. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. *Journal of Animal Science.* 88(1):109–123.
- Mader, C.J., Montanholi, Y.R., Wang, Y.J., Miller, S.P., Mandell, I.B., McBride, B.W. and Swanson, K.C. 2010. Relationships among measures of growth performance and efficiency with carcass traits, visceral organ mass, and pancreatic digestive enzymes in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 87: 1548–1557.
- Moss, A.R., Jouany, J.P. and Newbold, J. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Ann. Zootech.* 49: 231–253.
- Nagaraja, T. 2012 . A Microbiologist's View on Improving Nutrient Utilization in Ruminants. 23rd Annual Ruminant Nutrition Symposium . Gainesville, FL.
- Nkrumah, J. D., Okine, E. K., Mathison, G.W., Schmid, K., Li, C., Basarab, J. A., Price, M.A., Wang, Z. and Moore, S.S. 2006. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 85:2711–2720
- Nkrumah, J. D., Basarab, J.A., Wang, Z., Li, C., Price, M.A., Okine, E.K., Crews, D.H. and Moore, S.S. 2007. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 85: 2711–2720.
- McDonagh, M.B., Herd, R.M., Richardson, E.C, Oddy, V. H., Archer, J.A., and Arthur, P.F. 2001. Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generation of divergent selection for residual feed intake. *Australian J. of Exp. Agriculture*, 2001, 41, 1013–1021
- Perkins, S. D., Key, C. N. Garrett, C. F. , Foradori, C. D. , Bratcher, C. L. , Kriese-Anderson, L. A. and Brandebourg, T. D. 2014. Residual feed intake studies in Angus-sired cattle reveal a potential role for hypothalamic gene expression in regulating feed efficiency. *J. Anim. Sci.* 92:549–560.
- RAUW, W.M.; KANIS, E.; NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N.; GROMMERS, F.J. 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock Production Science.* 56(1):15-33.
- Reynolds, C.K. 2002. Economics of visceral energy metabolism in ruminants: toll keeping or internal revenue service? *J. Anim. Sci* 80 (E. Suppl 2) E74-E84.
- Richardson, E.C., Herd, R.M., Arthur, P. F., Wright, J., Xu, G., Dibley, K. and Oddy, V. H. 1996. Possible physiological indicators for Net Feed Efficiency Conversion. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 21: 103-106.
- Richardson, E.C., Herd, R.M., Oddy, V. H., Thompson, J. M., Archer, J. A. and Arthur, P. F. 2001. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. *Aust. J. of Exp. Agriculture* 41: 1065-1072.
- Richardson, E. C., Herd, R. M., Archer, J. A., and Arthur, P.F. 2004. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. *Aust. J. Exp. Agric.* 44:441–452
- Robinson, D. L. and Oddy, V. H. 2004. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. *Livestock Production Science*, 90: 255-270.

- Rolfe, D.F.S. and Brand, M.D. 1996. Contribution of mitochondrial proton leak to skeletal muscle respiration and to standard metabolic rate. *Amer. J. Physiology* 271:1380-1389
- Rolfe, K. M., Snelling, W. M., Nielsen, M. K., Freetly, H. C., Ferrell, C. L. and Jenkins, T. G. 2011. Genetic and phenotypic parameter estimates for feed intake and other traits in growing beef cattle, and opportunities for selection. *J. Anim. Sci.* 89: 3452-3459.
- SAN PRIMITIVO TIRADOS, F. 2001. La mejora genética animal en la segunda mitad del siglo XX. *Archivos de Zootecnia.* 50(192):517-546.
- Santini, F., Rearte, D., Grigera, J.M. 2003. Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. IPCVA <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=148>
- Sainz, R.D. and Paulino, P.V. 2004. Residual feed intake. UC Davis: Sierra foothill research and extension center. Retrieved from: <http://escholarship.org/uc/item/9w93f7ks.7/7/2015>