



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA



Facultad de Veterinaria
Universidad de la República
Uruguay

**INCLUSIÓN DE FORRAJE FRESCO EN UNA DIETA PARA NOVILLOS EN
TERMINACIÓN A CORRAL, EFECTO SOBRE EL CONSUMO, DESEMPEÑO
PRODUCTIVO Y CALIDAD DE LA CARNE.**

Por:

Juan Pablo CAPUCHO

Ana Laura GONZÁLEZ

María José RICCI

TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos
para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias

Orientación: Higiene, Inspección-control y
Tecnología de los Alimentos de Origen Animal.

Medicina Veterinaria.

Producción Animal.

MODALIDAD: Ensayo experimental

MONTEVIDEO

URUGUAY

2023

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:



Dr.MSc. PhD Gonzalo Fernández

Segundo miembro:



Dr.MSc. PhD Alvaro Santana

Tercer miembro:



Dr.MSc. PhD Alejandro Britos

Cuarto miembro:



Dra. Eliana Ciano

Fecha: 27/12/23

Autores:



Juan Pablo Capucho



Ana Laura Gonzalez



María José Ricci

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra gratitud a nuestras familias y amigos por su apoyo incondicional a lo largo de nuestra carrera.

A esta institución educativa que nos brindó la oportunidad de iniciar nuestra formación y fortalecer nuestra pasión por nuestro campo de estudio.

A Facultad “campo experimental N°2 (IPAV)”, por brindarnos instalaciones y alojamiento para realizar este ensayo.

Al Dr. Álvaro Santana, nuestro tutor, por su dedicación, amabilidad y constante motivación, además de su generosidad al compartir sus amplios conocimientos y experiencia con nosotros en todo momento.

A los funcionarios de biblioteca por su valiosa ayuda en la búsqueda de material bibliográfico.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN 2

AGRADECIMIENTOS 3

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS 4

RESUMEN..... 5

SUMMARY 6

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 7

Terminación a corral y alimentación con ración totalmente mezclada..... 7

Alimentación con forraje fresco de pasturas templadas 8

Inclusión de forraje fresco en la dieta de engorde a corral 9

2. HIPÓTESIS 10

3. OBJETIVOS 10

Objetivo general 10

Objetivos específicos..... 10

4. MATERIALES Y MÉTODOS 10

Diseño experimental y tratamientos 10

Manejo de los animales y la alimentación 10

Mediciones, determinaciones y cálculos 12

Análisis estadístico 12

5. RESULTADOS 13

6. DISCUSIÓN 14

7. CONCLUSIÓN..... 16

8. BIBLIOGRAFÍA 17

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro I. Ingredientes y composición química de la ración totalmente mezclada (RTM) y del forraje fresco (FF)..... 11

Cuadro II. Ingredientes de la pre mezcla de vitaminas y minerales.....11

Cuadro III. Consumo de materia orgánica (CMO), ganancia media diaria (GMD) y eficiencia de conversión (EC) e ingestión de nutrientes en novillos con dos dietas de terminación..... 13

Cuadro IV. Análisis sensorial de la carne, perfil de ácidos grasos (AG) y % de grasa de novillos alimentados con dos dietas de terminación..... 14

RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue comparar el consumo de materia orgánica (CMO), la ganancia media diaria (GMD) de peso vivo, la eficiencia de conversión alimenticia (EC) y la calidad de la carne en novillos en terminación en confinamiento. El experimento se llevó a cabo en el Instituto de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria, 20 novillos de razas británicas fueron bloqueados por peso y edad y dentro de cada bloque, se asignaron aleatoriamente a 1 de 2 tratamientos ($n = 10$ novillos / tratamientos) alimenticios que consistieron en: un control "**CON**", donde se alimentaron únicamente con ración totalmente mezclada (RTM) asignada al 2.8% del peso vivo (PV) en base materia seca (MS), o el tratamiento "**CON+FF**", donde la dieta suministrada fue en parte ración totalmente mezclada (pRTM) asignada al 1.7% del PV más forraje fresco (FF) ofrecido sin restricción. La RTM o pRTM según el tratamiento (65.0 ± 1.4 % MS; 23.0 ± 2.8 % FDN; 11.0 ± 0.8 % FDA y 12.8 ± 1.5 % PC) se preparó diariamente comenzando 08:00 h, una vez elaborada se pesó y empacó la cantidad asignada individualmente para cada novillo. Se suministró en partes iguales en dos comidas diarias 11:00 h y 16:00 h. El FF se cortó todos los días a las 14:00 h, a una altura de 5 cm del suelo, se recolectó, empacó en porciones de 10 kg (base fresca), suministrándose sin restricción individualmente según el consumo de los animales y se almacenó en un lugar fresco y cubierto. La duración total del experimento fue de 60 días, comprendiendo 3 periodos de mediciones, de 6 días cada uno y separados por 9 días entre cada uno. El CMO de RTM, pRTM y FF, se estimó individualmente durante 5 días en cada periodo, como la diferencia entre la cantidad de alimento ofrecido y rechazado en 24 horas. El consumo de MO se calculó a partir del consumo de MS y la concentración de MO de cada alimento (FF, RTM y pRTM). Los animales se pesaron individualmente, cada 12 días durante todo el experimento. Se obtuvieron 5 registros de peso para cada novillo durante todo el experimento. La GMD y EC se calculó individualmente para cada novillo. Para los análisis de calidad de la carne se utilizó el *Longissimus dorsi* de 5 novillos por tratamiento. Un panel de 12 evaluadores capacitados juzgó los atributos sensoriales de jugosidad, ternura, masticabilidad, fibrosidad, sabor y color. El % de grasa se cuantificó mediante el método de disección y el perfil lipídico de la grasa se realizó por cromatografía de gases acoplada a masa (GC-MS). No se detectó efecto del tratamiento sobre CMO total, el PV inicial y PV final de los novillos y tampoco sobre los atributos sensoriales, ni el % de grasa intramuscular de la carne. La inclusión del FF disminuyó la GMD, la EC y la proporción del ácido graso C17 en el perfil lipídico de "CON+FF" respecto a "CON" ($p=0.033$). Con base en los resultados obtenidos en este ensayo experimental, se puede concluir que la inclusión de FF en la dieta de novillos en terminación no tuvo un efecto significativo en el CMO ni en el peso inicial y final de los animales. Sin embargo, se observaron cambios sustanciales en el desempeño productivo, donde la GMD y la EC se vieron afectadas negativamente en el tratamiento que incluyó FF ("CON+FF"). Al mismo tiempo se observó una disminución en la energía metabolizable en la dieta que contenía FF, lo que explicaría los resultados de la disminución del desempeño productivo. El análisis sensorial de la carne no mostró diferencias significativas entre los tratamientos en términos de jugosidad, ternura, masticabilidad, fibrosidad, sabor y color. Además, el porcentaje de grasa intramuscular y el perfil de ácidos grasos, con la excepción de la proporción de ácido graso C17:0, no se vieron afectados por la inclusión de FF en la dieta.

SUMMARY

The aim of this thesis was to compare the organic matter intake (OMI), average daily gain of live weight (ADGW), feed conversion efficiency (CE) and meat quality in finishing steers in confinement. The experiment was carried out at the Instituto de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria,, 20 British breed steers were grouped according to weight and age and within each block, they were randomly assigned to 1 of 2 nutritional treatments (n = 10 steers per treatment), which consisted in: a control group (CON), which were fed only with a totally mixed ration (TMR) allocated to 2.8% of body weight (BW) on a dry matter (DM) basis, or the "CON+FF" treatment, where the diet fed was partly a totally mixed ration (pTMR) allocated to 1.7% of the BW plus fresh forage (FF) offered without restriction. The TMR or pTMR according to treatment (65.0 ± 1.4 % DM; 23.0 ± 2.8 % neutral detergent fibre (NDF); 11.0 ± 0.8 % acid detergent fibre (ADF) and 12.8 ± 1.5 % CP) was prepared daily starting at 08:00 am, once prepared the amount assigned individually for each steer was weighed and packed. It was given in equal parts at two meals a day, 11:00 a.m. and 4:00 p.m. The FF was cut every day at 2:00 pm, at a height of 5 cm from the ground, collected, packed into 10 kg portions (fresh base), supplied without restriction individually according to the consumption of the animals and stored in a cool, covered place. The total length of the experiment was 60 days, comprising 3 measurements periods, of 6 days each one and separated by 9 days between each one. The OMI of TMR, pTMR and FF was estimated individually over 5 days in each period, as the difference between the amount of food offered and rejected in 24 hours. OMI was calculated from the DM intake and OM concentration of each food (FF, TMR, and pTMR). The animals were weighed individually, every 12 days throughout the experiment, 5 weight records were obtained for each steer throughout the experiment. The ADF and CE were calculated individually for each steer. For meat quality analyses, the Longissimus dorsi of 5 steers per treatment was used. A panel of 12 trained evaluators tested the sensory attributes of juiciness, tenderness, chewiness, fibrosity, flavour, and color. The percentage of fat was quantified by the dissection method and the lipid profile of the fat was performed by mass-coupled gas chromatography (GC-MS). No effect of the treatment was detected on total BMC, initial and final BW of steers, nor on sensory attributes, nor on the percentage of intramuscular fat in the meat. The inclusion of FF decreased the ADG, CE and the proportion of the fatty acid C17 in the lipid profile of "CON+FF" compared to "CON" ($p=0.033$). Based on the results obtained in this experimental trial, it can be concluded that the inclusion of FF in the finishing diet for steers had no significant effect on the FCR nor on the initial and final weight of the animals. However, substantial changes in productive performance were observed, where ADG and EC were negatively affected in the treatment that included FF ("CON+FF"). At the same time, a decrease in metabolizable energy in the diet containing FF was observed, which would explain the results of the decreased productive performance. The sensory analysis of the meat did not show significant differences between the treatments in terms of juiciness, tenderness, chewiness, fibrousness, taste, and color. Additionally, the intramuscular fat percentage and the fatty acid profile, except for the proportion of C17:0 fatty acid, were not affected by the inclusion of FF in the diet.

INTRODUCCIÓN

En conjunto los países del Mercado Común del Sur poseen aproximadamente 240 millones de bovinos, que representan el 24% del stock mundial (Caputi y Mendez, 2010). En Uruguay el rubro ganadero ocupó 73.8 % (13,02 millones ha) del área agropecuaria en 2022. Al cierre del ejercicio 2022 el stock nacional de bovinos fue de 11,8 millones, se faenaron 2,8 millones, exportándose 459.160 toneladas de carne (peso canal) y Uruguay se posicionó como el décimo exportador de carne bovina a nivel mundial (Instituto Nacional de la Carne, (INAC), 2022). Entre los años 1993 y 2022 la superficie ganadera disminuyó 10 % y el stock de ganado se incrementó 27,1% en cabezas, reflejando la intensificación que ha tenido la producción de carne (Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA), 2022). La utilización de sistemas de engorde a corral aumentó rápidamente y pasó de aportar 7 % del total de bovinos faenados en 2013, al 13 % en 2021, con 342.516 cabezas (Bervejillo, 2021; OPYPA, 2022).

Actualmente la carne uruguaya alcanza los más altos valores a nivel mundial (OPYPA, 2022). La inclusión de forraje fresco (FF) de pasturas en la dieta de animales en confinamiento, puede contribuir a mejorar la competitividad internacional del sector y el resultado económico de las empresas, disminuyendo los costos de alimentación y/o mejorando la calidad nutracéutica, valorizando así los productos obtenidos. Combinar en una dieta FF con una ración totalmente mezclada (RTM) ofrece la posibilidad de aprovechar las ventajas de ambos sistemas (Bargo, Muller, Varga, Delahoy y Cassidy, 2002). Lograrlo mejoraría la competitividad internacional del sector ganadero uruguayo, al disminuir los costos de alimentación de los sistemas productivos (Soder y Rotz, 2001) y aumentar el contenido en la carne de ácidos grasos beneficiosos para la salud humana, como los ácidos linoleicos conjugados (CLA) (Lourenço, Van Ranst, Vlaeminck, De Smet, y Fievez, 2008). Sin embargo, en dietas con alta proporción (>80%) de concentrados, como las utilizadas para la terminación de novillos a corral, generalmente la inclusión de FF implica disminuir la densidad energética, lo que reduce el consumo de energía, la proporción de grasa intramuscular y repercute en las características sensoriales (Bidegain, García Pintos, Maisonnave y Trajtenberg, 2007). Pudiendo perjudicar a los sistemas de engorde a corral, que buscan productos con propiedades sensoriales relacionadas a la infiltración de grasa intramuscular (o marmoleado) (Killinger, Calkins, Umberger, Feuz, y Eastridge, 2006; Petherick, Doogan, Venus, Holroyd y Olsson, 2009).

Incluir cantidades moderadas de FF podría no disminuir el consumo de energía y la GMD, si el aumento del CMS compensara la menor densidad energética, logrando así aportar similar cantidad de nutrientes a la dieta que una RTM. Para esto el % de inclusión debe ser moderado (menor al 30% del CMS total) y el FF de buena calidad, en términos de digestibilidad y composición química (Santana, Cajarville, Mendoza y Repetto, 2017). Los antecedentes previos sobre la combinación de FF y RTM en sistemas de terminación a corral es muy escasa y la información previa se ha generado principalmente con vacas lecheras.

En esta tesis se estudia cómo afecta incluir FF en una dieta de terminación a corral para novillos, el consumo, el desempeño productivo, las características sensoriales y la grasa de la carne de los novillos.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Terminación a corral y alimentación con ración totalmente mezclada

En Uruguay los sistemas de terminación en confinamiento (o engorde a corral) se definen como aquellos que “mantienen sus animales confinados, sin acceso a pastoreo directo y utilizan una alimentación en base a productos formulados (balanceados, granos, núcleos minerales u otros productos), para su terminación con destino directo a faena” (Decreto N°178/010). Éste sistema experimentó un gran impulso con la posibilidad de exportar mediante la “Cuota 481”, la misma es un cupo de exportación de carne de alta calidad que se destina a la Unión Europea, la cual tiene ciertos

requisitos como que el animal sea menor de 30 meses de edad y en cuanto a la dieta se exige que sean alimentados al menos por 100 días con una dieta cuya concentración energética sea mayor o igual a 2,93Mcal de energía metabólica. Este sistema generó una dinámica productiva a nivel país que luego se extendió más allá de la "cuota 481" (OPYPA, 2022). Incrementándose de 7 % del total de bovinos faenados en 2013 al 13 % en 2021, y esta proporción aumentó 13,5 % entre 2020 y 2021, pasando de 301.888, a 342.516 cabezas (Bervejillo, 2021; OPYPA, 2022). Este cambio en la estructura por categoría nos indica que la ganadería de Uruguay alcanzó niveles crecientes de faena, caracterizado por la presencia de animales más jóvenes que logran pesos adecuados para la faena, en etapas más tempranas, lo que indica una ganadería más eficiente en términos de producción.

Las dietas contienen principalmente granos y sub productos industriales y bajas proporciones de forraje, por lo que generalmente poseen alta digestibilidad y concentración energética y son ofrecidas como una RTM.

La RTM es un sistema de alimentación donde los forrajes (ensilajes o fardos) y alimentos concentrados (granos y subproductos) son completamente mezclados, y de esta forma ofrecidos a los animales (Mendoza, Cajarville, Santana y Repetto, 2011). La RTM permite maximizar el consumo individual, minimizar la posibilidad de seleccionar algún componente en especial, aportando los nutrientes necesarios y utilizando una relación forraje/concentrado que no afecte el ambiente ruminal (Mendoza et al., 2011). Las RTM utilizadas en confinamiento, tienen la ventaja de maximizar el ritmo de ganancia de peso y poder manejar los tipos de carcasa de los animales aportándole diferentes niveles de energía en la dieta (Pérez-Ruchel, 2015). Esto se logra aumentando la cantidad de alimentos concentrados y disminuyendo los voluminosos (ensilaje y fardos) en la dieta, lo que concentra la densidad de nutrientes e impacta positivamente en la GMD, PV y la EC. Dependiendo de las características de los animales, se puede promover tipos de carcasas diferenciales, niveles de infiltración grasa (marmoleado) diferentes, obtener GMD entre 1,4 y 2,0 kg y la EC del alimento variar generalmente entre 6 y 12 kg de CMO / kg de GMD (Cajarville, Aguerre, Santana, y Repetto 2011; Aguerre, Cajarville, Kozloski y Repetto 2013).

Alimentación con forraje fresco de pasturas templadas

Las pasturas han sido históricamente la base de alimentación en la ganadería uruguaya. Según Bargo et al., (2002) se consideran pasturas de alta calidad aquellas que presentan un porcentaje de FDN inferior al 50%. La mayoría de las pasturas utilizadas en Uruguay cumple con este criterio, se utilizan pasturas en base a gramíneas, leguminosas o sus mezclas (Antúnez y Caramelli, 2009). La producción de forraje en Uruguay es de una muy buena calidad, dado por la combinación de factores como las temperaturas templadas y la calidad del suelo, llevando a producir una buena fuente de nutrientes para los rumiantes y a un bajo costo a pesar de presentar variaciones según la especie forrajera que estemos hablando, época del año y el estado de madurez (Jarrige, Grenet, Demarquilly y Besle, 1995).

Los ácidos grasos en la carne tienen un papel crucial en la calidad nutricional de los productos cárnicos, lo que a su vez afecta directamente su valor económico (Pérez -Ruchel, 2015). En este sentido, el consumo de pasturas frescas disminuye la relación Ácidos grasos saturados (AGS) / Ácidos grasos poli-insaturados (AGPI) (Dewhurst, Shingfield, Lee y Scollan, 2006; Lourenço et al., 2008; Warren et al., 2008) y favorece la aparición de niveles más elevados de CLA (Aurousseau et al., 2007; Lourenço et al., 2008, Warren et al., 2008) el cual es producido bajo el proceso de biohidrogenación ruminal por la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens* (Dhiman, Nam, y Ure, 2005). El perfil de ácidos grasos (AG) de los lípidos del alimento en el ganado vacuno está firmemente relacionado con el CLA. (Chouinard et al., 2001; Noci, Monahan, Scollan y Moloney, 2007). Algunos tipos de CLA tienen propiedades benéficas para la salud, como ser anti-carcinogénicos y anti-aterogénicos (Dedeckere, Korver, Verschuren y Katan, 1998; Steen y Porter, 2003). Por estas razones, a nivel mundial existe un renovado interés en la utilización de pasturas de alta calidad administradas frescas (Pérez -Ruchel, 2015).

Las pasturas templadas de alta calidad proporcionan a los microorganismos ruminales un sustrato altamente fermentable, de rápida degradación ruminal y con un alto contenido de PB, según Repetto et al., (2005) y Antúnez y Caramelli (2009). Las pasturas de alta calidad pueden aportar suficiente nitrógeno amoniacal (NH₃-N) para la síntesis de proteínas a nivel del rumen, según lo indican Pérez-Ruchel (2006). El nitrógeno no proteico (NNP) en estas pasturas consiste principalmente en aminoácidos libres y péptidos. Estudios realizados por Hume (1970), Brito, Broderick y Reynal (2007) y Broderick y Reynal (2009) han demostrado que la proteína verdadera es más efectiva para incrementar la síntesis de proteína microbiana que el NH₃-N.

Sin embargo, las pasturas pueden presentar un desbalance entre el aporte de proteínas y de energía fermentable en el rumen. Los azúcares solubles (AS) son la fuente de energía más inmediata de la microbiota ruminal para sintetizar su propia proteína (Cajaraville et al., 2007). Resultados nacionales indican que la baja relación de AS y N en las pasturas podría ser la principal limitante para el crecimiento de los microorganismos del rumen, ya que existe una deficiencia relativa de carbohidratos de rápida fermentación en comparación con el aporte de N, según Antúnez y Caramelli (2009). Otra desventaja es el alto contenido de humedad de las pasturas, lo que lleva a un menor CMO por los rumiantes (National Research Council (NRC), 2007), no llegando a su máximo potencial productivo.

Inclusión de forraje fresco en la dieta de engorde a corral

La inclusión de FF en dietas de engorde a corral basadas en una RTM, busca retener los aspectos positivos de cada uno de estos alimentos (Bargo et al., 2002). Lograrlo es importante para la competitividad internacional del sector ganadero uruguayo, porque implicaría mantener el nivel productivo, disminuir los costos de alimentación (Soder y Rotz, 2001) y aumentar el contenido de CLA de la carne (Mendoza, 2016). Sin embargo, en dietas con alta proporción (>80%) de concentrados, como las utilizadas para la terminación de novillos en confinamiento, generalmente la inclusión de FF implica disminuir la densidad energética, lo que podría reducir el consumo de energía, disminuir la GMD, la proporción de grasa intramuscular y repercutir en las características sensoriales (Bidegain et al., 2007). Siendo perjudicial para los sistemas de confinamiento, que buscan satisfacer la demanda de segmentos del mercado cárnico, que valoran propiedades sensoriales como la ternura, el sabor y flavor, todas relacionadas con la proporción de grasa intramuscular (o marmoleado) (Killinger, et al., 2004; Petherick et al., 2009). A tal punto de que el valor final de la canal va a estar definido por este atributo (Ziadi, Maldague, Saucier, Duchesne y Gosselin, 2012).

El efecto de aumentar la proporción de forraje en dietas de terminación, sobre el CMO y la GMD depende de múltiples factores del animal, el FF y RTM, que además interaccionan entre sí. En forma general, se acepta que, en dietas RTM para novillos en terminación, el consumo de energía se relaciona linealmente con la densidad energética del alimento, cuando está por debajo de 3.11 Mcal de EM/kg de MS (Zinn y Plascencia, 1996). Además, se sabe que el consumo de energía es uno de los principales factores que determinan la GMD y la deposición de grasa intra muscular (NRC, 1996).

En un metaanálisis de 37 experimentos, con dietas de engorde a corral conteniendo una proporción promedio de forraje de 12.3% (rango de 0% a 55%, en base MS), el aumento del % de FDN del forraje tuvo un efecto cuadrático sobre el CMO, pero disminuyó la GMD (Zellmer, 2021). La calidad del forraje es un aspecto clave, en este sentido Madrugá et al, (2019) reportó similar GMD (1.4kg/d) al incluir 19% de heno de alfalfa o 10% de heno de cebada, en la dieta de vaquillonas de raza carnífera. Por su parte Jennings, Lockard, Tedeschi y Lawrence(2020), informó que aumentar de 5% a 15% (base MS) el forraje de caña de maíz, incrementó el CMO (7.8 vs 8.2 kg/d, respectivamente). Sin embargo, en sentido contrario, Defoor, Galyean, Salyer, Nunnery, y Parsons (2002) evaluando tres fuentes diferentes de forraje (heno de alfalfa, cascara de algodón y ensilaje de sudan grass) en cinco niveles de inclusión en la dieta (entre 5% y 15 % en MS) de vaquillonas en terminación, informaron un aumento lineal del CMS, la ingesta de energía y la GMD en respuesta al aumento de la FDN de forraje en

la dieta, debido a que el aumento del CMS, compensó con creces la disminución en la concentración energética de la dieta.

La inclusión de FF de pasturas, ha sido probada en dietas de engorde para novillos de raza Holando (Morales et al., 2023) y corderos de raza carnífera (Fernandez-Turren et al., 2023). La inclusión de FF o pasturas en la dieta de animales alimentados con RTM ha sido estudiada mayoritariamente en vacas lecheras (Wales et al., 2013; Mendoza et al., 2016; Pastorini, Pomiés, Repetto, Mendoza y Cajarville, 2019; Santana, Cajarville, Mendoza y Repetto, 2023). Por lo que los reportes en dietas de animales de engorde son escasos para estas categorías.

2. HIPÓTESIS

En una dieta para novillos en terminación a corral, incluir FF aumentará el CMO total, compensando la menor concentración de nutrientes en la dieta, esto permitirá mantener la GMD, disminuirá la EC y elevará la concentración de CLA en el perfil lipídico de la carne, respecto a una RTM.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de incluir FF sobre el consumo, el desempeño productivo y la calidad de la carne en novillos alimentados con una RTM de terminación a corral.

Objetivos específicos

Durante la terminación a corral de novillos alimentados con una RTM o FF más pRTM, comparar:

- a) El CMS y el CMO
- b) El PV, la GMD y la EC
- c) La jugosidad, terneza, masticabilidad, fibrosidad, sabor y color de la carne
- d) El porcentaje de grasa intramuscular y el perfil de ácidos grasos

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental y los análisis de laboratorio se realizaron en el Instituto de Producción Animal de Veterinaria (IPAV), situado en el campo experimental N° 2 de la Facultad de Veterinaria, ruta 1, km 42,200, departamento de San José, Uruguay. El manejo y todos los procedimientos con los animales se desarrollaron de acuerdo con las normas establecidas por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal de la Universidad de la República (Protocolo: 1198 / 2021).

Diseño experimental y tratamientos

Veinte novillos de razas británicas bloqueados por peso (441.4 ± 39.1 kg de PV) y edad (36.35 ± 6.75 meses), se asignaron al azar dentro de cada bloque a uno de dos tratamientos alimenticios (n = 10 novillos por tratamiento): Control “CON”: RTM asignada al 2.8% del PV (en base MS), o “CON+FF”: pRTM asignada al 1.7 % de PV (base MS) y FF ofrecido sin restricción.

El experimento duró 60 días en total. A los 15 días de comenzado el experimento se realizó el primer periodo de medición que duró 6 días, separado por 9 días del siguiente y así sucesivamente por tres periodos. Y concluyó con el envío a faena de los animales 9 días después del último periodo de medición.

Manejo de los animales y la alimentación

Los animales fueron ubicados en corrales individuales con un espacio de 15 m² por cada uno. Cada corral estaba equipado con un bebedero y un comedero, ambos de uso

exclusivo para el animal correspondiente. Previo a comenzar el experimento los animales fueron desparasitados y se adaptaron a las rutinas básicas de alimentación y el pesaje.

La RTM se utilizó como pRTM para el tratamiento “CON+FF” y se formuló para obtener una GMD de PV de 1.4 kg/d, utilizando el software Taurus versión 2014. La asignación diaria en base MS, de RTM en “CON” fue equivalente al 2.8% del PV y en “CON+FF” la de pRTM fue del 1.7 % del PV, ajustándose en ambos casos de manera individual cada 12 días, luego de determinar el PV de los animales. La RTM o pRTM se elaboró diariamente a las 08:00 h utilizando un mixer (Mixer vertical M8, Mary S.R.L., Santa Catalina, Uruguay) para la mezcla de los componentes, adicionando agua hasta lograr una humedad del 25% en la mezcla. Una vez elaborada se pesó en una balanza de piso (EL-5, Marvic Ltda, Montevideo, Uruguay), se embolsó por separado la cantidad asignada para cada novillo y fue suministrada en dos partes iguales a las 11:00 y 16:00 h.

El FF se cortó diariamente a las 14:00 h, a 5 cm del suelo con una segadora de tambores (Minos Agricultural Machinery, T-TCBM 1650, Turquía), se juntó, se almacenó bajo techo y se ofreció sin restricción. La composición botánica del FF utilizado fue (en base MS) gramíneas 54.2% (Digitaria danguinalis, Lolium multiflorum), alfalfa 39.2%, malezas 4.7% y restos muertos 1.9%. La proporción de cada componente, la composición química de la RTM / pRTM y del FF utilizados se presentan en el Cuadro I.

Cuadro I. Ingredientes y composición química de la ración totalmente mezclada (RTM) y del forraje fresco (FF) (Desvío estándar (DS) entre paréntesis)

Item	RTM / pRTM	FF
<i>Ingredientes en la RTM, % de MS</i>		
Grano de maíz molido	71,7	
Harina de soja extraída con solvente	10,1	
Heno de gramínea	17	
Pre mezcla de vitaminas-minerales	1,2	
<i>Composición química</i>		
MS, % del alimento	65,0 (1,4)	22,1 (2,8)
MO	96,4 (0,4)	88,5 (0,8)
FDN	23,0 (2,8)	50,3 (6,9)
FDA	11,0 (0,8)	29,6 (3,4)
PB	12,8 (1,5)	14,5 (2,8)
EM (Mcal / kg MS) ¹	2,87	2,09

¹Concentraci3n energética calculada con el software Beef Cattle Nutrient Requirements Model 2016 (Version 1.0.37.15), utilizando la composici3n química de cada alimento y las características de los animales reportadas.

Cuadro II. Ingredientes de la pre mezcla de vitaminas y minerales.

Item	
<i>Ingredientes del Anavrin® 0.35 g/100 kg PV</i>	
Vitamina A (UI)	53000
Vitamina D (UI)	10600
Vitamina E (UI)	200
Co (mg/kg)	2.6
I (mg/kg)	18.4
Se inorg. (mg/kg)	4.4
Zn inorg. (mg/kg)	1200
Cu inorg. (mg/kg)	421
Na (g/kg)	6.3
Mg (g/kg)	1.5
Ca (g/kg)	22.0

Mediciones, determinaciones y cálculos

El consumo de MS y MO se estimó a partir de la cantidad consumida y su proporción en el FF, RTM y pRTM. El CMO de RTM, pRTM y FF, se determinó individualmente como la diferencia entre los kg de alimento ofrecido y rechazado en 24h [CMO = (kg ofrecidos de MO - kg rechazados de MO)], durante cinco días en cada periodo de medición. La oferta de FF se inició a las 11:00h, registrándose el total de kg de materia fresca (MF) ofrecidos durante el día y el rechazo se pesó a las 10:45h del día siguiente. Se tomaron muestras individuales del FF ofrecido y rechazado directamente del comedero de cada novillo (500g aprox.) y se congelaron a -20°C para el posterior análisis. Se tomó una muestra directamente de cada comedero al momento de ofrecer la primera comida del día (11:00h). El rechazo se consideró como el alimento presente en cada comedero a las 10:45h del día siguiente, el cual se pesó y se conservó una muestra (200g aprox.) para análisis de composición química.

En el laboratorio, las muestras de FF, RTM y pRTM ofrecida y rechazada fueron secadas en estufa de aire forzado a 60°C y molidas en un Molino Wiley con una malla de 1 mm (Arthur H. Thomas Co., Philadelphia, EEUU). En las muestras se analizó el contenido de MS y cenizas (AOAC, 1990; Método ID 942.05 y AOAC, 2000; Método ID 942.05, respectivamente), estimándose la concentración de MO como: MO = 100 - proporción de cenizas.

Los animales se pesaron individualmente 2 días consecutivos cada 12 días durante todo el experimento, registrándose el promedio de ambas pesadas como el valor de PV para cada novillo. Si el coeficiente de variación entre ambas pesadas era mayor al 5%, se realizaba una tercera. Todas las pesadas se realizaron entre 08:00 h y 10:00 h previo a suministrar la RTM o pRTM según el tratamiento, utilizando una balanza (Terko Tk3515c, Daconal S.A, Montevideo, Uruguay). Se obtuvieron 5 registros de peso para cada novillo durante todo el experimento. La GMD se calculó individualmente para cada novillo como la diferencia de kg de PV entre dos registros de peso, dividido por la cantidad de días transcurridos entre ambos registros, [GMD, kg/d = (PV final, kg – PV inicial, kg) / N° días entre ambos registros]. La EC se calculó como el cociente de dividir el CMO sobre la GMD, (EC = CMO, kg / GMD, kg).

Para la evaluación de las características sensoriales de la carne, el porcentaje de grasa intramuscular y el perfil de ácidos grasos, se utilizó el *Longissimus dorsi* de 5 novillos por tratamiento. La evaluación sensorial la realizó en la Facultad de Química, por un panel de 12 evaluadores capacitados, considerando los atributos de jugosidad, ternura, masticabilidad, fibrosidad, sabor y color. El porcentaje de grasa se determinó mediante disección. Para analizar el perfil de ácidos grasos, se extrajo el aceite de 5 g de carne, mediante agitación magnética, usando como solvente una mezcla de hexano e isopropanol (3:2, vol/vol), que se eliminó posteriormente mediante venteo con nitrógeno (Hara y Radin, 1978). La determinación de ácidos grasos se hizo por cromatografía de gases acoplada a masa (GC-MS), según la técnica IUPAC 2.301 (International Union of Pure and Applied Chemistry, 1987), utilizando un cromatógrafo de gases (Shimadzu, modelo 14B), equipado con una columna 100 m x 0.25 mm x 0,2µm (Supelco SP2560).

Análisis estadístico

Los datos se procesaron utilizando el software SAS versión 9.0 (SAS Institute Inc.), inicialmente, se analizaron en busca de valores atípicos. La normalidad de los residuos se verificó utilizando procedimientos univariados (PROC UNIVARIATE). Los datos de CMS, CMO, PV, GMD y EC se analizaron utilizando el procedimiento PROC MIXED con el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + T_j + M_k + A_l + T_j \times M_k + e_{ijkl}$$

Siendo: Y_{ijkl} = la variable dependiente, μ es la media general, B_i el efecto aleatorio del bloque ($i = 1$ a 2), T_j el efecto fijo del tratamiento ($j = \text{CON}$ o CON+FF), M_k el efecto aleatorio del momento de medición ($k = 1$ a 3 para CMO, 1 a 4 para GMD y 1 a 5 para

PV), A_i es el efecto aleatorio del animal ($i = 1$ a 20, salvo calidad de carne 1 a 5), $T_j \times M_k$ es el efecto fijo de la interacción entre el tratamiento y el momento de medición y e_{ijkl} es el error residual. El momento de medición por animal fue objeto de análisis de medidas repetidas, la estructura de covarianza utilizada fue AR (1) para datos espaciados uniformemente (Littell, Henry y Ammerman, 1998). Las medias se compararon con el test de Tukey, declarándose significancias con $P < 0.05$ y tendencias con valores $P > 0.05$ y < 0.1 .

5. RESULTADOS

En el Cuadro III se presenta el consumo, la GMD y EC de los novillos en cada tratamiento. El CMO total no difirió entre los tratamientos y el CMO de FF representó el 38,7% del CMO total en "CON+FF". La inclusión de FF redujo 21,5% la GMD y 38,1% la EC en "CON+FF" respecto a "CON". No se detectó efecto del tratamiento sobre el PV inicial, ni final de los novillos.

Cuadro III. Consumo de materia orgánica (CMO), ganancia media diaria (GMD) y eficiencia de conversión (EC) en novillos con dos dietas de terminación.

	Tratamientos ¹			Valor de P ³		
Item	CON	CON + FF	EEM ²	Tratamiento	Med	Trat x Med
<i>Consumo, kg/d</i>						
CMO Total	11,7	11,6	0,60	0,957	0,410	0,470
CMO RTM	11,6	7,1	0,48	≤0.01	0,033	0,089
CMO FF	-	4,51	0,26	-	0,021	-
%FF, del CMO Total	-	38.7	1,15	-	0,014	-
<i>Desempeño productivo</i>						
PV Inicial, kg	441,2	436,4	19,57	0,710	-	-
PV Final, kg	527,6	509,1	22,07	0,194	-	-
GMD ₆₀ (kg / d) ⁴	1,40	1,13	0,102	0,015	0,085	0,186
EC ₆₀ ⁵	8,4	11,6	0,83	0,027	0,387	0,686
EM (Mcal / kg MS)	33,46	29,91				

¹ Tratamientos= "CON": RTM asignada en MS al 2.8 % del PV; "CON+FF": pRTM asignada al 1.7 % del PV más FF sin restricción.

² Error estándar de la media

³ Valor de P. = Tratamiento = efecto de tratamiento; Med = efecto del período de medición; Trat x Med = interacción entre el tratamiento y el período de medición.

⁴ GMD₆₀= GMD, Kg/d= (PV final, Kg – PV Inicial, Kg) / 60d.

⁵ EC₆₀= CMS, Kg / GMD, kg.

Los atributos sensoriales de la carne, el perfil de ácidos grasos y % de grasa para cada tratamiento se presentan en el Cuadro IV. Excepto la menor proporción de C17:0 en "CON+FF" respecto a "CON", no detectamos diferencias entre los tratamientos para la proporción individual de ácidos grasos, los ácidos grasos agrupados por el nivel de saturación y tampoco sobre el porcentaje de grasa intramuscular. No se detectó efecto del tratamiento para los atributos sensoriales.

Cuadro IV. Análisis sensorial de la carne, perfil de ácidos grasos (AG) y % de grasa de novillos alimentados con dos dietas de terminación.

Item	Tratamiento ¹		EEM ²	Valor de P.
	CON	CON+FF		Tratamiento
<i>Análisis Sensorial</i>				
Jugosidad ⁰	3,6	3,7	0,14	0,533
Terneza,	5,0	5,0	0,15	0,693
Masticabilidad	3,8	4,0	0,13	0,908
Fibrosidad	2,5	2,5	0,17	0,931
Sabor carne	6,7	6,7	0,15	0,842
Sabor a grasa	3,7	3,5	0,16	0,319
Sabor cocido	3,8	3,9	0,16	0,778
Sabor extraño	0,6	0,8	0,15	0,445
Intensidad de sabor	5,2	5,5	0,13	0,114
Metálico	0,9	0,9	0,17	0,722
<i>Perfil AG (g/100 g del total de AG)</i>				
14:0	2,2	2,5	0,18	0,346
16:0	24,5	24,8	0,82	0,806
16:1 <i>cis</i>	3,4	3,7	0,29	0,518
17:0	1,1	0,7	0,11	0,033
18:0	13,2	13,0	0,88	0,877
18:1 <i>cis</i>	45,1	44,2	1,29	0,627
18:2 <i>cis</i>	2,4	2,5	0,40	0,865
18:2 CLA ³	0,3	0,4	0,03	0,138
20:0	0,1	0,1	0,01	0,356
20:4 n-6	0,5	0,6	0,18	0,637
AGS ⁴	41,8	41,7	1,33	0,951
AGM ⁵	49,3	48,8	1,39	0,779
AGPI ⁶	3,3	3,7	0,68	0,649
% Grasa	8,4	6,7	1,59	0,436

¹ Tratamiento= “CON”: RTM asignada en MS al 2.8% del PV; “CON+FF”:pRTM asignada al 1.7% del PV más FF sin restricción.

² EEM= Error estándar de la media

³ 18:2 CLA= Ácido linoleico conjugado

⁴ AGS= Ácidos grasos saturados= 14:0 + 16:0 + 20:0

⁵ AGM= Ácidos grasos monoinsaturados *cis*= 16:1 *cis* + 18:1 *cis*

⁶ AGPI= Ácidos grasos poliinsaturados= 18:2 + 18: 2 CLA + 20:4 n-6

6. DISCUSIÓN

Aunque se cumplieron las condiciones especificadas por Owens, Secrist, Hill y Gill (1998), de que el consumo de energía estaba por debajo de los requerimientos y la carga ácida no era limitante del consumo, no se logró incrementar el CMS en respuesta a la dilución de la densidad energética.

En “CON+FF” la inclusión de FF en un 39% del CMO total redujo 3.6 Mcal de EM/d la ingesta de energía de los novillos comparado a “CON”. La reducción del consumo de energía concuerda con Zinn y Plascencia (1996), quienes encontraron una disminución lineal del consumo de energía al aumentar de 10% a 30% el heno de alfalfa en una dieta de engorde a corral, debido a la disminución de la densidad energética. Concordando también con Zellmer, (2021) quien revisó 37 artículos en dietas de engorde a corral e informó que al incrementar la proporción de FDN de forraje, disminuyó el consumo de energía. Una diferencia entre nuestros resultados y lo informado por Zellmer, (2021) es que según este autor la reducción del consumo de energía generalmente sucede pese al incremento del CMS, sin embargo, en nuestro experimento el consumo no se modificó de este último.

En nuestro trabajo la disminución del consumo de energía es consistente con la reducción de la GMD en 0.3 kg/d en “CON+FF” respecto a “CON”, asumiendo que la energía retenida en 1 kg de PV es aproximadamente 6.32 Mcal de EM/kg (NRC, 1996). Los valores de GMD en nuestro experimento, están en línea con el promedio para los engordes a corral en Uruguay de 1.35 kg de PV/d, informado por Banchero, Chalkling y Mederos (2016). Por otro lado, el consumo de materias nitrogenadas no fue limitante para la GMD, ya que en ambos tratamientos la dieta cubría los requerimientos de novillos con un PV y GMD como los de nuestro experimento, de 13 % PB (Pordomingo, 2013). La reducción de la GMD podría explicarse por la menor cantidad de almidón presente en la dieta “CON+FF”, proveniente del grano de maíz, lo cual pudo haber generado un menor aporte de energía, reduciendo la GMD, ya que el consumo de energía es la fuente de variación más significativa (Roffler, 1988; Philippeau, Martin y Michalet-Doreau, 1999; Mac Loughlin, 2007). Contrariamente a nuestros resultados, Defoor et al., (2002) evaluando tres fuentes diferentes de forraje en diferentes niveles de inclusión en la dieta (entre 5% y 15 % en MS) de vaquillonas en terminación, informaron un aumento lineal del CMO, la ingesta de energía y la GMD en respuesta al aumento de la FDN de forraje en la dieta, debido a que el aumento del CMO compensó con creces la disminución en la concentración energética de la dieta.

En nuestro experimento la reducción de 19,0% en la GMD es la principal explicación de la disminución en 38,1 % de la EC al incluir FF en la dieta “CON+FF” respecto a “CON”. La disminución de la EC al incluir FF en la dieta era esperable, la reducción en “CON + FF” del consumo de energía fue de 3.2 Mcal de EM/d comparado a CON, esta diferencia hubiera demandado para igualar el CMS un aumento de 1,5 kg de MS más de FF. Aunque no se ha determinado aun la digestibilidad de los nutrientes en cada tratamiento es esperable que la mayor proporción de grano de maíz en “CON”, determine una mayor digestibilidad en ese tratamiento, contribuyendo al aumento de la EC. Además de la dieta, otros factores influyen en la EC, como el suministro del alimento, el estado fisiológico, categoría y procesos del metabolismo intermediario del animal entre otros (García, García Pintos y López, 2008); (Barbosa, Herrera, y Patrone, 2008).

Análisis sensorial y perfil de Ácidos Grasos

En cuanto a los atributos sensoriales existen evidencias que correlacionan negativamente la terminación de novillos con pastura y la terneza de la carne, jugosidad y sabor comparado con la terminación con grano (Bowling, Smith, Dutson y Oliver, 1977). Sin embargo, el porcentaje de grasa del músculo *Longissimus dorsi* no difirió entre “CON” y “CON+FF” lo que puede explicar la similitud de los atributos sensoriales ya que la grasa es la que le da los atributos sensoriales a la carne (Realini et al., 2009). Los porcentajes de grasa intramuscular hallados en nuestro experimento son mayores a los valores de 4.2 a 5.7% reportados por Pflanzner, Gomes y Felicio (2019) en el *Longissimus dorsi*, para novillos de 2 a 6 dientes en razas cebuinas. Considerando que la grasa es el tejido que presenta mayor relación con las características de terneza y sabores (Realini et al., 2009), al no haber diferencias en el % de grasa, ni el perfil lipídico podría justificar la ausencia de diferencias en las características sensoriales.

Aunque puede suponerse que el FF contiene mayor proporción del ácido linoleico que la RTM y que como parte de otra tesis (Fiandra, Bochini y de Souza, sin publicar) se constató en nuestro experimento que la inclusión de FF aumentó la proporción de ácido acético, modificando la relación ácido acético / ácido propiónico en la fermentación ruminal, no observamos cambios en el perfil lipídico de la grasa intramuscular del *Longissimus dorsi*. Contrariamente a nuestros resultados, French et al, (2000) reportaron un incremento lineal de CLA con el aumento de la proporción de pastura en la dieta. De forma similar Duynisveld, Charmley, y Mir (2006), encontró que la pastura aumento de 1.3 a 1.5 veces en la concentración de AGPI, comparando una RTM conteniendo 60% silo de pastura y 40% cebada molida (en base MS), respecto dietas con 60 % de pastura y 40 % de concentrado. Incluso Griswold et al, (2003) sin pasturas, utilizando silo de maíz de planta entera incluido al 20% o 40 % en una dieta (en base MS) de terminación reportaron una tendencia a aumentar el CLA en la grasa intramuscular cuando el nivel de forraje aumentó.

Dado que el CLA se halla principalmente en la grasa intramuscular (Plourde, Destailats, Chouinard y Angers, 2007). La similar proporción de AGPI y de CLA en nuestro experimento, podría relacionarse a que el % de grasa intramuscular del *Longissimus dorsi* tampoco fue afectado por la dieta, a pesar de que en "CON" los novillos aumentarían el CMS, de energía y tuvieran mayor GMD. Sin embargo, deben considerarse al interpretar estos resultados, la edad de los animales próxima a tres años, es sabido que la consecuencia más directa de la edad sobre la calidad de la canal es el aumento de la deposición de grasa y el progresivo amarilleamiento de ésta (Trenkle y Marple, 1983). Así como el número de novillos utilizados por tratamiento (n=5 / tratamiento) para la evaluación post mortem, lo que puede haber limitado la detección de diferencias entre las dietas.

7. CONCLUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos en este ensayo experimental, se puede concluir que la inclusión de forraje fresco en la dieta de novillos en terminación no tuvo un efecto significativo en el consumo total de materia orgánica ni en el peso inicial y final de los animales. Sin embargo, se observaron cambios sustanciales en el desempeño productivo, donde la ganancia media diaria y la eficiencia de conversión se vieron afectadas negativamente en el tratamiento que incluyó FF ("CON+FF"). Al mismo tiempo se observó una disminución en la energía metabolizable en la dieta que contenía FF, lo que explicaría los resultados de la disminución del desempeño productivo.

El análisis sensorial de la carne no mostró diferencias significativas entre los tratamientos en términos de jugosidad, ternura, masticabilidad, fibrosidad, sabor y color. Además, el porcentaje de grasa intramuscular y el perfil de ácidos grasos, con la excepción de la proporción de ácido graso C17:0, no se vieron afectados por la inclusión de FF en la dieta.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguerre, M., Cajarville, C., Kozloski, G.V. y Repetto, J. L. (2013) Intake and digestive responses by ruminants fed fresh temperate pasture supplemented with increased levels of sorghum grain: A comparison between cattle and sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 186,12–19.
- Aguerre, M., Repetto, J., Pérez- Ruchel, A., Mendoza, A., Pinacchio, G., y Cajarville, C. (2009). Rumen pH and NH³-N concentration of sheep fed temperate pastures supplemented with sorghum grain. *South African Journal of Animal Science*, 39, 246-250.
- Antúnez, M., y Caramelli, A. (2009). *Variación en la composición química y producción de gas in vitro de pasturas de acuerdo al horario de corte* (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, Udelar, Montevideo.
- Aurousseau, B., Bauchart, D., Faure, X., Galot, A.L., Prache, S., Micol, D., y Priolo, A. (2007). Indoor fattening of lambs raised on pasture. Part 1: Influence of stall finishing duration on lipid classes and fatty acids in the longissimus thoracis muscle. *Meat Science*, 76, 241-252.
- Banchero, G., Chalkling, D., y Mederos, A. (2016). Relevamiento de problemas sanitarios y de manejo durante la terminación en bovinos en sistemas de confinamiento en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*, 52(202), 4-13.
- Barbosa, J., Herrera, A., y Patrone, J. (2008). *Uso de dos manejos nutricionales y dos frecuencias diarias en dietas para ganado a corral y su efecto en la consumormance de los novillos* (Tesis de grado). Facultad de Agronomía, Udelar, Montevideo.
- Bargo, F., Muller, L.D., Varg, G.A., Delahoy, J.E., y Cassidy, T.W. (2002). Ruminant digestion and fermentation of high-producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 85, 2964-2973.
- Bervejillo, J. (2021). Comportamiento del sector de la carne vacuna. En Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, OPYPA, *Anuario OPYPA* (pp. 53–60). Montevideo: OPYPA. Recuperado de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/opipa%202021%2014%2012%20vers%201-1.pdf
- Bidegain, I., Garcia Pintos, F., Maisonnave, F., y Trajtenberg, G. (2007). *Potencial de uso de forraje conservado como fuente adicional de fibra para vacunos pastoreando verdes de invierno: efecto sobre tasa de ganancia, características de canal y calidad de carne* (Tesis de grado). Facultad de Agronomía, Udelar, Montevideo.
- Bowling, R., Smith, G., Carpenter, Z., Dutson, T and Oliver, W. (1977). Comparison of Forage-Finished and Grain-Finished Beef Carcasses, *Journal of Animal Science*, 45, 209–215.
- Brito, A.F., Broderick, G., y Reynal, S. (2007). Effects of different protein supplements on omasal nutrient flow and microbial protein synthesis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1828-1841.
- Broderick, G., y Reynal, S. (2009). Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 2822-2834.

- Cajarville, C., Aguerre, M., Santana, A., y Repetto, J. (2011). La nutrición en los sistemas intensivos de producción de carne bovina. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XV, pp. 1-3). Paysandú: Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Cajarville C., Britos A., Caramelli A., Antúnez M., Zanoniani R., Boggiano P., Repetto J.L. 2007. El horario de corte y el tipo de metabolismo fotosintético afectan la relación azúcares/nitrógeno de las pasturas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 15 Supl. 1, 408-409.
- Caputi, P., y Méndez, C. (2010) Producción de carne en el mundo y la inserción de Uruguay en el comercio exterior. En G. Bianchi, y O.D. Feed, *Introducción a la ciencia de la carne* (pp. 17-49). Buenos Aires: Hemisferio Sur.
- Chouinard, Y., Corneau, L., Butler, R., Chilliard, Y., Drackley, K., y Bauman, D. (2001). Effect of Dietary Lipid Source on Conjugated Linoleic Acid Concentrations in Milk Fat. *Journal of dairy science*, 84,680-690.
- Dedeckere, E.A.M., Korver, O., Verschuren, P.M., y Katan, M.B. (1998). Health aspects of fish and n-3 polyunsaturated fatty acids from plant and marine origin. *European Journal of Clinical Nutrition*, 52, 749-753.
- Defoor, M., Galyean, M., Salyer, G., Nunnery, G., y Parsons, H. (2002). Effects of roughage source and concentration on intake and performance by finishing heifers. *Journal of Animal Science*, 80(6), 1395-1404.
- Dewhurst, R.J., Shingfield, K.J., Lee, M.R.F., y Scollan, N.D. (2006). Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 168-206.
- Dhiman, T.R., Nam, S.H., y Ure, A.L. (2005). Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45, 463-482.
- Duynisveld, J., Charmley, E. y Mir, P. (2006). Meat quality and fatty acid composition of pasture-finished beef steers fed barley and soybeans. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(4), 535-545.
- Eastridge, M. (2006). Major Advances in Applied Dairy Cattle Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 89, 1311-1323.
- Fernandez-Turren, G., Arroyo, J. M., Pérez-Ruchel, A., Urioste, M. J., Kozloski, G., Repetto, J. L., y Cajarville, C. (2023). Nutrient utilization and ingestive behavior by lambs fed a partial mixed ration consisting of different carbohydrate sources combined with fresh alfalfa. *Livestock Science*, 271, 105215.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'Riordan, E., Monahan, F., Caffrey, P., y Moloney, A. (2000). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*, 78, 2849-2855.
- García, G., García Pintos, H., y López, M. (2008). *Efecto de la suplementación energética sobre la performance de novillos manejados sobre una mezcla de raigrás peregñe bajo cuatro presiones de pastoreo* (Tesis de grado). Facultad de Agronomía, Udelar, Montevideo.
- Griswold, K., Apgar, G., Robinson, R., Jacobson, B., Johnson, D., y Woody, H. (2003). Effectiveness of short-term feeding strategies for altering conjugated linoleic acid content of beef. *Journal Animal Science*, 81, 1862-1871.

- Guthikonda, R., Cama, L., Quesada, M., Woods, M., Salzmann, T. and Christensen, B. (1987). Modification of natural products to improve their biological properties. *Pure and Applied Chemistry*, 59, 455-458.
- Hara, A., Radin, N. (1978). Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. *Analytical Biochemistry*, 90, 420-426.
- Hume, I.D. (1970). Synthesis of microbial protein in the rumen. *Australian Journal of Agricultural Research*, 21, 305-314.
- Instituto Nacional de la Carne. (2022). *Informe estadístico año agrícola. Información referida al periodo junio 2021-junio 2022. Cifras preliminares año 2022*. Montevideo: INAC. Recuperado de <https://www.inac.uy/innovaportal/file/24323/1/informe-ano-agricola-julio-2021---junio-2022.pdf>
- Jarrige, R., Grenet, E., Demarquilly, C., y Besle, J.M. (1995). Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. En R. Jarrige, Y. Ruckebusch, C. Demarquilly, M.H. Farce, y M. Journet, *Nutrition des ruminants domestiques ingestion et digestion* (pp. 25-81). Paris: INRA.
- Jennings, J.S., Lockard, C.L., Tedeschi, L.O., y Lawrence, T.E. (2020). Effects of corn stalk inclusion rate on rumination and ruminal pH in finishing beef steers. *Applied Animal Science*, 36(3), 377-388. <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01947>
- Killinger, K. M., Calkins, C. R., Umberger, W. J., Reuz, D. M., y Eskridge, K. M. (2004). Consumer sensory acceptance and value for beef steaks of similar tenderness, but differing in marbling level. *Journal of Animal Science*, 82, 3294-3301.
- Littell, R.C., Henry, P.R., y Ammerman, C.B. (1998). Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76(4), 1216-1231. doi: 10.2527/1998.7641216x
- Lourenço, M., Van Ranst, G., Vlaeminck, B., De Smet, S., y Fievez, V. (2008). Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 418-437
- Mac Loughlin, R. J. (2007). *Proteína metabolizable en la nutrición de bovinos para carne*. Recuperado de http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/112-proteina_metabolizable.pdf
- Madruga, A., Abril, R., González, L., Manteca, X., Panella Riera, N., Gil, M. y Ferret, A. (2019). Using 19% of alfalfa hay in beef feedlot finishing diets did not modify meat quality but increased feed intake and ADG. *Journal of Animal Science*, 97(5), 2076-2086.
- Mendoza, A. (2016). *Inclusión de forraje fresco en la dieta de vacas lecheras alimentadas con una ración totalmente mezclada* (Tesis de doctorado). Facultad de Veterinaria, Udelar, Montevideo.
- Mendoza, A., Cajarville C., Santana A., y Repetto J. L. (2011). ¿Hacia una nueva forma de pensar la alimentación de las vacas lecheras? La inserción del confinamiento en los sistemas pastoriles de producción de leche. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XL, pp. 3). Paysandú: Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Morales, E., Etchandy, E., Dauber, C., Vieitez, I., Repetto, J.L., y Fiol, C. (2023, junio 4-8). Effect of the inclusion of pasture in feedlot finishing diet of holstein steers on meat quality and fatty acid profile. En 11th *International Symposium on the nutrition of herbivores*. UFRGS, Florianópolis.

- National Research Council. (1996). *Nutrient requirements of beef cattle* (7^a ed.). Washington: National Academy Press.
- National Research Council. (2007). *Nutrient Requirements in small Ruminants*. Washington: The National Academies.
- Noci, F., Monahan, F., Scollan, N., y Moloney, A. (2007). The fatty acid composition of muscle and adipose tissue of steers offered unwilted or wilted grass silage supplemented with sunflower oil and fishoil. *Journal of Nutrition*, 97, 502–513.
- Oficina de Programación y Política Agropecuaria. (2022). *Análisis sectorial y cadenas productivas, temas de política, estudio. Información referida al periodo junio 2021-junio 2022*. Montevideo: MGAP.
- Owens, F., Secrist, D., Hill, J. y Gill, D (1998). Acidosis in cattle: A review. *Journal of Animal Science*, 76, 275-286.
- Pastorini, M., Pomiés, N., Repetto, J. L., Mendoza, A., y Cajarville, C. (2019). Productive performance and digestive response of dairy cows fed different diets combining a total mixed ration and fresh forage. *Journal of Dairy Science*, 102, 4118-4130.
- Petherick, J. C., Doogan, V. J., Venus, B. K., Holroyd, R. G., y Olsson, P. (2009). Quality of handling and holding yard environment, and beef cattle temperament: 2. Consequences for stress and productivity. *Applied Animal Behaviour Science*, 120, 28-38.
- Pérez-Ruchel, A. (2006). *Ph, amoníaco, ácidos grasos volátiles y producción de proteína microbiana en el rumen de corderos, según el horario de corte de la pastura* (Tesis de Grado). Facultad de Veterinaria, Udelar, Montevideo.
- Pérez-Ruchel, A. (2010). *Tiempo y forma de acceso al forraje y uso de buffers o levaduras: Efecto sobre el aprovechamiento digestivo de la dieta en ovinos* (Tesis de maestría). Facultad de Veterinaria, Udelar, Montevideo.
- Pérez-Ruchel, A. (2015). *Estrategias de alimentación de ovinos en sistemas a base de pasturas* (Tesis de doctorado). Facultad de Veterinaria, Udelar, Montevideo.
- Pflanzer, S., Gomes, C. y Felicio, P., (2019). Delayed carcass chilling improves tenderness of the beef gluteus medius muscle. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 54. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00099>
- Philippeau, C., Martin, C., y Michalet-Doreau, B. (1999). Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers. *Journal of Animal Science*, 77, 1587-1596.
- Plouder, M., Destailats, F., Chouinard, P. y Angers, P. (2007). Conjugated α -Linolenic Acid Isomers in Bovine Milk and Muscle. *Journal of Dairy Science*, 90, 5269-5275.
- Pordomingo, A. (2013). *Feedlot. Alimentación, diseño y manejo*. Anguil: INTA.
- Realini, C., Font i Furnols, M., Guerrero, L., Montossi, F., Campo M., Sañudo, C. ... Oliver, M. (2009). Effect of finishing diet on consumer acceptability of Uruguayan beef in the European market. *Meat Science*, 81, 499-506.
- Repetto, J., Cajarville, C., D'alessandro, J., Curbelo, A., Soto, C., y Garín, D. (2005). Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixture. *Animal Research*, 54(2), 73-78.
- Roffler, R. E. (1988). Influencia de la ingestión de nitrógeno y de carbohidratos sobre la fermentación ruminal. En W. Haresign, y D.J.A. Cole (Eds.), *Avances en nutrición de los rumiantes* (pp. 125-152). Zaragoza: Acribia.

- Santana, C., Cajarville, A., Mendoza J., y Repetto, L. (2017). Combination of legume-based herbage and total mixed ration (TMR) maintains intake and nutrient utilization of TMR and improves nitrogen utilization of herbage in heifers. *Animal*, 1144, 616-624.
- Santana, C., Cajarville, A., Mendoza J., y Repetto, L. (2023). Including 8 hours of access to alfalfa in 1 or 2 grazing sessions in dairy cows fed a partial mixed ration: Effects on intake, behavior, digestion, and milk production and composition. *Journal of Dairy Science*, 106(9), 6060-6079.
- Soder, K., y Rotz, C. (2001). Economic and Environmental Impact of Four Levels of Concentrate Supplementation in Grazing Dairy Herds. *Journal of Dairy Science*, 84, 2560-2572.
- Steen, R.W.J., y Porter, M.G. (2003). The effects of high-concentrate diets and pasture on the concentration of conjugated linoleic acid in beef muscle and subcutaneous fat. *Grass and Forage Science*, 58, 50-57.
- Tebot, I. (2008). *Efecto de los suplementos ricos en energía sobre la función ruminal y el metabolismo del nitrógeno en ovinos alimentados con forraje fresco* (Tesis de maestría). Facultad de Veterinaria, Udelar, Montevideo.
- Trenkle, A. y Marple, D. (1983). Growth and development of meat animals. *Journal of Animal Science*, 57 (suppl. 2), 273-283.
- Uruguay (2010, junio 17) Decreto N° 178/010 Sanidad animal. Establecimientos de engorde de bovinos a corral con destino a faena. Recuperado de <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/178-2010>
- Wales, W.J., Marett, L.C., Greenwood, J.S., Wright, M.M., Thornhill, J.B., Jacobs, J.L., ... Auldist, M.J. (2013). Use of partial mixed rations in pasture-based dairying in temperate regions of Australia. *Animal Production Science*, 53, 1167-1178.
- Warren, H.E., Scollan, N.D., Enser, M., Hughes, S.I., Richardson, R.I., y Wood J.D. (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, 78, 256-269.
- Zellmer, C. (2021). *Effects of source and concentration of NDF from roughage on performance and carcass characteristics in finishing feedlot diets* (Tesis). University of Minnesota, Minneapolis.
- Ziadi, A., Maldague, X., Saucier, L., Duchesne, C., y Gosselin, R. (2012). Visible and near-infrared light transmission: A hybrid imaging method for non-destructive meat quality evaluation. *Infrared Physics and Technology*, 55, 412-420.
- Zinn, R.A., y Plascencia, A. (1996). Efectos del nivel de forraje en el valor alimenticio comparativo de la grasa suplementaria en las dietas de crecimiento y finalización para el ganado de engorde en corrales. *Journal of Animal Science*, 74(6), 1194-1201.