

EFFECTO DE LA DIETA CON ALTO CONTENIDO DE ALMIDÓN AL INICIO DE
RECRÍA O EN TERMINACIÓN SOBRE DESCRIPTORES DE LA GRASA
SUBCUTÁNEA E INTRAMUSCULAR.

Testa María Laura

Trabajo de Tesis para ser presentado como requisito parcial para optar al título de
MAGISTER SCIENTIAE en Producción Animal

Área de Nutrición

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS AGRARIAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA

Lugar de realización: EEA Balcarce. Laboratorio de Calidad de Carne.

Balcarce, Argentina
Marzo, 2017

EFFECTO DE LA DIETA CON ALTO CONTENIDO DE ALMIDÓN AL INICIO DE
RECRÍA O EN TERMINACIÓN SOBRE DESCRIPTORES DE LA GRASA
SUBCUTÁNEA E INTRAMUSCULAR.

Testa María Laura

Pavan, Enrique

Director de Tesis

Duckett, Susan K.

Co-Directora de Tesis

EFFECTO DE LA DIETA CON ALTO CONTENIDO DE ALMIDÓN AL INICIO DE
RECRÍA O EN TERMINACIÓN SOBRE DESCRIPTORES DE LA GRASA
SUBCUTÁNEA E INTRAMUSCULAR.

Testa María Laura

Aprobada por:

Papaleo Mazzuco, MSc.

Schor Alejandro, MSc.

Volpi Lagreca Gabriela, PhD

DEDICATORIA

A todos los compañeros y amigos del trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A la familia y a amigos por acompañarme en este proceso de aprendizaje.

ÍNDICE

Primera portada.....	I
Segunda portada.....	II
Tercera portada.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
Índice General.....	VI
Índice de Tablas.....	VIII
Índice de Figuras.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Argentina y el mundo.....	1
1.2. En busca de otras estrategias.....	4
1.2.1. Adipogénesis.....	4
1.2.2. Lipogénesis.....	5
1.3. Estudios realizados.....	7
2. HIPÓTESIS.....	10
3. OBJETIVOS.....	11
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4.1. Experimento a campo.....	12
4.2. Toma de muestras y acondicionamiento de las mismas.....	13
4.3. Metodología de laboratorio.....	14
4.3.1. Análisis proximal del músculo: Materia seca y Extracto etéreo	14
4.3.2. Perfil de ácidos grasos.....	14
4.3.3. Diámetro de adipocitos.....	15
4.3.4. Expresión génica de SCD,PPAR- γ y SREBP-1 de la grasa subcutánea..	15

4.3.5. Análisis estadístico.....	16
5. RESULTADOS.....	18
5.1. Características de la res. Nivel de engrasamiento.....	18
5.2. Composición de la grasa intramuscular y subcutánea.....	19
5.2.1 Ácidos grasos en una porción de bife.....	22
5.3. Histología de grasa subcutáneo.....	27
5.4. Expresión génica de grasa subcutáneo.....	29
6. DISCUSIÓN.....	32
7. CONCLUSIONES.....	37
8. BIBLIOGRAFÍA.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes típicos de producción de ácidos grasos volátiles (VGA) respecto a una dieta en base a grano o pastura.....	7
Tabla 2. Composición porcentual de la dieta a base de grano ofrecida en IR y la dieta a base de grano ofrecida en TER.....	13
Tabla 3. Secuencias utilizadas para realizar expresión génica.....	16
Tabla 4. Parámetros productivos de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER).....	18
Tabla 5. Características de las reses de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER).....	19
Tabla 6. Proporción de ácidos grasos (AG) del músculo <i>Longissimus dorsi</i> (LD) de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER).....	21
Tabla 7. Contenido de AG totales y de los principales AG en una porción de carne a servir (mg por cada 85,5 gr de carne proveniente de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en la terminación (TER).....	22
Tabla 8. Proporción de AG de la grasa subcutánea (GS) de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER).....	24
Tabla 9. Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre la proporción de AG individuales, totales y sus relaciones en el músculo LD y el % de AG totales del LD, la proporción de AG individuales, totales y sus relaciones en la GS; coeficientes de correlación de Pearson (r) entre la proporción de AG individuales, totales y sus relaciones en la GS y el espesor de grasa dorsal (EGD), de novillos alimentados con, dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER).....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Manejo de animales en el campo experimental desde el inicio de ensayo (d0) hasta la faena (faena de CC a los 235d, de PC a los 242, de CP a los 335 y de PP a los 404 d del inicio de ensayo). CC, concentrado en IR y concentrado en TER; CP, concentrado en IR y pastura en TER; PC, pastura en IR y concentrado en TER; PP, pastura en IR y pastura en TER.....12
- Figura 2. Coeficiente de correlación de Pearson (r) entre el ácido vaccénico y CLA cis-9 trans-11 del músculo LD y la GS en novillos alimentados con dietas concentradas o pastura al inicio de la recría o en terminación. CC: concentrados tanto al inicio de la recría como en terminación, PC: pasto al inicio de la recría y concentrado en terminación, PC: concentrado al inicio de la recría y pasto en terminación y PP: pasto tanto al inicio de la recría como en terminación.....27
- Figura 3. Cortes histológicos teñidos con eosina-hematoxilina observadas a 40X, de novillos alimentados con A) concentrados tanto al IR como en TER (CC), B) pastura al IR y concentrado en TER (PC), C) concentrado al IR y pastura en TER (CP) y D) pastura tanto al IR como en TER (PP).28
- Figura 4. Diagrama de caja para la variable diámetro de adipocitos del tejido adiposo subcutáneo de novillos alimentados con dietas concentradas o pastura al inicio de la recría o en terminación. CC: concentrados tanto al inicio de la recría como en terminación, PC: pasto al inicio de la recría y concentrado en terminación, PC: concentrado al inicio de la recría y pasto en terminación y PP: pasto tanto al inicio de la recría como en terminación.....28
- Figura 5. . Expresión relativa de la enzima a) SREBP-1, b) PPAR- γ , usando como control el tratamiento CP de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER). CP: dieta C al IR y P en TER. CC: dieta C al IR y C en TER. PC: dieta P al IR y C en TER. PP: dieta P al IR y P en TER29
- Figura 6. Expresión relativa de la enzima SCD, usando como control el tratamiento CP de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER). CP: dieta C al IR y P en TER. CC: dieta C al IR y C en TER. PC: dieta P al IR y C en TER. PP: dieta P al IR y P en TER. *P < 0,0530
- Figura 7. Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre: a) diámetro de adipocito y la expresión de mRNA de la SCD (Δ CT); b) CLA cis-9, trans-11 y la expresión de mRNA de la SCD (Δ CT); c) ácido vaccénico y la expresión de mRNA de la SCD (Δ CT); d) relación CLA /

TVA y la expresión de mRNA de la SCD (Δ CT) del tejido adiposo
subcutáneo.....31

RESUMEN.

Para garantizar palatabilidad de la carne vacuna se necesita un 3% de grasa intramuscular (GIM) en norteamérica. Según su impacto sobre la salud, la GIM no debería estar en exceso (más de 4 %; García P., 2007), y debería contener una relación AGPI $n-6: n-3$ ($n-6: n-3$) menor a 4 junto al mayor contenido de CLA *cis-9, trans -11* (CLA) posible. El uso de pasturas en terminación produce una relación $n-6: n-3$ deseada y alta proporción de CLA en la carne, aunque no llega a los valores de GIM deseados. Si bien la incorporación de concentrados en terminación produciría adecuada GIM, incrementa la relación $n-6: n-3$ por encima de los valores recomendados, disminuye la proporción de CLA e incrementa otros depósitos de grasas no deseados como la grasa dorsal, visceral, entre otras. Evidencias recientes sugieren que el uso de dietas con alto contenido de almidón entre el nacimiento y los 250 d de edad del ternero, inducen una precoz diferenciación de pre-adipocitos del tejido graso intramuscular produciendo la acumulación anticipada de GIM. El presente trabajo evaluó el efecto del uso de dietas concentradas (alto contenido de almidón) al inicio de la recría o en terminación en combinación con pastoreo, sobre el desarrollo del tejido adiposo y la composición de AG de la grasa subcutánea (GS) e intramuscular. Se hipotetizó, **1**: CP respecto PC (pastura al inicio de la recría y concentrado en terminación) produciría menor espesor de grasa dorsal (EGD), similar nivel de marmoreo y GIM, con una menor relación $n-6: n-3$ y una mayor proporción de CLA, tanto en la GIM como en la GS. **2**: el uso de concentrado al inicio de la recría produce una mayor hiperplasia y su uso en terminación una mayor hipertrófia en el tejido subcutáneo. **3**: el uso de concentrado al inicio de la recría aumenta la expresión génica de la Esteroil coA desaturasa (SCD), pero el uso de concentrado en terminación o en ambos períodos la incrementa aún más. Cuarenta terneros Angus (siete meses de edad promedio; 214 ± 14 kg) se asignaron aleatoriamente a dos momentos de aplicación de la dieta, inicio de la recría / terminación dentro de los cuales las dietas fueron pastura o concentrado. Los resultados se analizaron como un DCA con arreglo factorial 2×2 , utilizando al animal como unidad experimental a través del programa SAS, y se planteó el contraste CP vs PC. La estrategia nutricional CP, respecto a PC, logró obtener menor EGD, similares niveles de marmoreo y GIM. Se observó una similar relación $n-6: n-3$, mayor proporción de CLA en el músculo *Longissimus dorsi* y una similar relación $n-6: n-3$ junto a una similar proporción de CLA en la GS. El uso de concentrados a edad temprana del animal (dieta CP) estimuló la deposición de marmoreo y no produjo una hiperplasia en el tejido adiposo subcutáneo el cual sólo

incrementó cuando se les brindó a los animales concentrados en terminación, independientemente de la dieta recibida al inicio de la recría, incrementándose a través de una mayor hipertrófia. La expresión de la SCD incrementó con el uso de concentrado al inicio de la recría, pero incrementó aún más cuando se utilizó el concentrado en terminación o en ambos períodos. El uso de dietas con alto contenido de almidón a edad temprana del animal puede ser una nueva estrategia cuando el precio del grano se encuentra en aumento.

Palabras claves: marmoreo, espesor de grasa dorsal, hiperplasia, hipertrófia, SCD.

ABSTRACT

To ensure an adequate level of palatability in beef, a minimum degree of intramuscular fat (IMF) is required, about 3. If consider the impact of fat on health, IMF would not be in excess (more than 4 %; García P., 2007) and, in turn, would have a PUFAs ratio *n*-6: *n*-3 less than 4 and CLA *cis*-9 *trans*-11 as high as possible. While pasture-finished cattle produce low ratio of *n*-6: *n*-3 and high CLA *cis*-9 *trans*-11, not always reach the desired level of fat. Concentrate-finished cattle produce undesirable increase of *n*-6: *n*-3 ratio and decline of CLA *cis*-9 *trans*-11 in beef but allows adequate levels of IMF, though these strategies would also increase other unwanted fat deposits, dorsal fat, and visceral fat, among others tissues. New evidence suggests that feeding high energy diet (high starch content) between births to 250 days of age would induce premature differentiation of pre-adipocytes from intramuscular tissue allowing early accumulation of IMF. The present study evaluated the effect of feeding concentrate diet (high starch) at early backgrounding phase or at finished and combine with pasture on the development of adipose tissue and fatty acids composition of intramuscular and subcutaneous fat. It was hypothesized that using this strategy could be obtain a lower fat thickness, similar marbling score and IMF content with lower *n*-6: *n*-3 ratio and a higher proportion of CLA on IMF and SC fat than opposite strategy (pasture at backgrounding and concentrate at finishing phase). Another hypothesis was diet concentrates at early backgrounding phase, increase hyperplasia, while diet concentrates at finishing phase increase hypertrophy. By least, it was hypothesized that, using concentrates diet at early backgrounding phase increase SCD expression than using pasture, but this increment is higher when using concentrates only at finishing phase or in both phases. Forty Angus calves of similar age (217 ± 14) were randomly assigned to two feeding periods: early backgrounding and finishing phase and two diets, pasture and concentrates. The results were analyzed as a completely randomized design with factorial arrangement (2 x 2) by SAS and the contrast CP vs PC. With this strategy, concentrates at early backgrounding phase and finished on pasture compared to the opposite strategy, was possible to obtain lower fat depth, similar marbling and IMF. At the same time, it was possible to obtain similar ratio *n*-6: *n*-3, greater proportion of CLA in *Longissimus dorsi* and similar ratio *n*-6: *n*-3 and proportion of CLA in subcutaneous fat. It was obtained lower back fat thickness incorporating concentrates at early backgrounding phase and finishing on pasture than the opposite strategy. Used concentrates at early backgrounding phase enhanced

marbling deposition and not increased hyperplasia of subcutaneous tissue. Subcutaneous fat tissue increased when animals fed concentrates at finishing phase regardless diet at early backgrounding phase. So, the development of subcutaneous fat tissue occurred allow increment on hypertrophy when concentrates incorporated at finishing period. When concentrate was providing at early backgrounding phase increased SCD expression, but the increment was higher when concentrates using on finishing phase or in both phases. Feeding steers with high starch content at the early backgrounding phase could be a good new strategy when the price of grain is rising.

Keys words: marbling, fat thickness, hyperplasia, hypertrophy, SCD

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Argentina y el mundo

Una de las preocupaciones a nivel mundial según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2003 (FAO por sus siglas en inglés, Food and Agriculture Organization of the United Nations), es la cantidad de alimentos que requerirá la población en el año 2030/2050. Se estima que será necesario incrementar el 60% de la producción de alimentos y se propone trabajar en el rendimiento, intensidad de cultivo y área destinada a la agricultura (Chantar, 2015). Este hecho en conjunto con el aumento en el precio del grano en los últimos años, beneficiaría la expansión de la agricultura reduciendo la cantidad de tierras destinadas a la ganadería, que deberá intensificarse para mantener los niveles de producción y su competitividad. A pesar de esto, en la última década la producción de carne bovina se vió en alza en los países emergentes como Brasil, Argentina y China, disminuyendo en los países desarrollados como Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea (Chantar, 2015). Para asegurar la provisión de carne vacuna a su creciente población y, a la vez, al mercado externo, Argentina debe incrementar sus actuales niveles de producción. Mayores saldos exportables se traducirán en un mayor ingreso de divisas al país. Para competir con los productos de la agricultura y ganadería e incrementar el consumo de carne vacuna debemos pensar en las preferencias de los consumidores, quienes requieren alimentos seguros y saludables. Cada vez son más las personas interesadas en la relación entre la dieta y la salud, particularmente la relación con el cáncer, aterosclerosis, obesidad y diabetes tipo 2 (Scollan *et al.*, 2006).

La carne es considerada como un producto de alto valor nutricional. Posee proteínas de alto valor biológico, micronutrientes (Biesalski, 2005; Williamson *et al.*, 2005) y su grasa contiene vitaminas A, D, E, y K; pero tendría un efecto negativo; contiene ácidos grasos saturados (AGS) los cuáles están asociados a cáncer y problemas cardiovasculares (Wood *et al.*, 2003). El ácido mirístico (C14:0) y ácido palmítico (C16:0) están asociados a efectos hipercolesterolémicos mientras que el ácido esteárico (C18:0) no tiene efecto en el nivel de colesterol. La Organización Mundial de la Salud en el año 2003 (WHO, por sus siglas en inglés, World Health Organization) recomendó reducir el consumo de los AGS e incrementar los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) para evitar los riesgos aterogénicos, manteniendo un balance entre los AGPI omega-6 (*n*-6) y los omega-3 (*n*-3) (*n*-6: *n*-3). En exceso, los *n*-6 promueven la formación de trombos (trombosis), mientras que los *n*-3 reducen el

riesgo de los mismos (Ulbritch y Southgate, 1991). Es por esto que la WHO recomendó mantener en la dieta una relación $n-6$: $n-3$ menor a cuatro.

En Estados Unidos, el mayor determinante de la calidad y valor de la carcasa es el contenido y distribución de la grasa intramuscular (GIM), marmoreo, en el músculo *Longissimus dorsi* (LD). Según Emerson *et al.*, (2013) con un grado de marmoreo moderado, el 88% de los consumidores tendrían una experiencia sensorial positiva al consumir dicha carne. Tradicionalmente en Argentina, los sistemas de producción de bovinos para carne han sido un importante instrumento para la economía del país. El consumo de carne por cápita es el más alto del mundo y la carne es reconocida mundialmente por su calidad. Sin embargo, existen pocos trabajos científicos sobre la calidad de la misma de manera objetiva (Schor *et al.*, 2008). En Argentina actualmente no se paga en base al nivel de marmoreo u otro parámetro que indique calidad de la carne. Se desconoce la preferencia del consumidor argentino por carne proveniente de sistemas confinados o sistemas pastoriles. Según el IPCVA (2008), el contenido de GIM es importante para la calidad de la carne a la hora de la compra del producto. El esclarecimiento de esto permitiría otorgarle valor agregado a la carne argentina.

Según Platter *et al.* (2005) un mínimo contenido de GIM sería necesario para garantizar la palatabilidad de la carne que demandan los consumidores norteamericanos. A su vez, para Savell y Crouse (1988) ese mínimo de GIM es 3-4%. Según Schor *et al.* (2008), en Argentina excepcionalmente se encuentran valores del 5 % de GIM. En sistemas pastoriles argentinos, el único trabajo que supera con poco margen un 3 % es el realizado por Pordomingo *et al.* (2011). Por el contrario, Rosso *et al.* (1998) encontraron un contenido de 2,3%, Latimori *et al.* (2008) de 2,8 %, Schor *et al.* (2008) de 2,8% y Lucero Borja *et al.* (2014) tampoco llegaron al 3 %. En tanto que con sistemas de terminación a corral y dietas concentradas Rosso *et al.* (1998) encontraron un contenido de GIM de 3,2% y Latimori *et al.* (2008) de 4,12%. Esto estaría indicando que en los sistemas de producción argentinos de bovinos para carne, se está cerca del mínimo necesario para garantizar un nivel de palatabilidad adecuado. Asumiendo una distribución normal del contenido de grasa, los valores cercanos a 3 indicarían que aproximadamente el 50 % de los animales no alcanzarían dicho umbral para garantizar la palatabilidad.

Se sabe que a mayor concentración energética de la dieta consumida por el animal, menor será el tiempo de engorde requerido para alcanzar el 3% de GIM. Así, para obtener un similar nivel de marmoreo, los sistemas pastoriles requieren un mayor

período de engorde que aquellos sistemas que incorporan concentrados energéticos en la dieta. Un mayor período de engorde podría afectar negativamente la competitividad del sistema según la oferta del mercado y la mayor edad a la faena del animal podría también influir negativamente sobre la terneza de la carne. Al igual que el marmoreo, la grasa subcutánea (GS) será mayor con dietas de alta densidad energética respecto a dietas de baja densidad energética (Sainz *et al.*, 1995). Si bien un espesor de grasa dorsal (EGD), mínimo de 6 mm, sería necesario para garantizar la caída de pH y temperatura del músculo pos-mortem y con ello maximizar la terneza de la carne, un exceso de GS no tiene sentido ya que es considerada como desperdicio de la media res.

Si bien la inclusión de dietas concentradas al finalizar el período de engorde permite alcanzar un mejor contenido de GIM y garantiza el EGD, en paralelo altera la composición de AG de la carne y con ello el sabor. A su vez, el perfil de AG que se obtiene es menos saludable, que el de los animales terminados a pastura (Daley *et al.*, 2010). Esto se debería a su menor proporción de AGPI *n*-3, de CLA *cis*-9, *trans*-11, de ácido *trans*-11 vaccénico (TVA), y a su mayor proporción de ácido palmítico (Descalzo *et al.*, 2005). Las dietas concentradas presentan alto contenido de AGPI *n*-6 (Warren *et al.*, 2007), en tanto que los forrajes verdes poseen altas proporciones de AGPI *n*-3 (Scollan *et al.*, 2001). Es por esto, que el consumo de una dieta a base de concentrados o en base pastoril incrementa la proporción de los AG de la serie *n*-6 o *n*-3 en la carne, respectivamente. El término CLA es utilizado para englobar un conjunto de isómeros del ácido linoleico. Dannenberger *et al.* (2004), reportaron 10 isómeros en la carne, de los cuáles el *cis*-9 *trans*-11 es el mayoritario. Este isómero tendría propiedades anti-carcinogénicas (De la Torre *et al.*, 2006) y por ello se busca incrementarlo en los alimentos, especialmente en aquellos provenientes de rumiantes, por ser estos la única fuente natural en la dieta de humanos. Se sabe que entre el 80 y 90 por ciento del CLA presente en la carne se forma en los tejidos por acción de la enzima Δ -9 Esteroil coA desaturasa (SCD) sobre el TVA absorbido a nivel intestinal. La SCD es la encargada de desaturar AG en la posición 9, por lo tanto, es responsable también de la conversión de los AGS a los ácidos grasos mono-insaturados (AGMI). El TVA se forma como producto intermedio de la biohidrogenación ruminal del ácido linoleico y linolénico (Jenkins *et al.*, 2008). Si bien, la actividad de esta enzima es mayor en animales terminados con dietas concentradas, la producción de CLA se vería limitada por una baja producción de TVA en el rumen. Por el contrario, existe una alta producción de TVA en el rumen de animales en pastoreo que favorece la

producción endógena de CLA *cis*-9, *trans*-11, pero, con este tipo de dietas (pastoriles), la conversión de TVA a CLA se ve limitada por una baja actividad de la enzima (Duckett *et al.*, 2009).

Para alcanzar adecuados niveles de marmoreo y GIM sin afectar negativamente las características de calidad de la carne pastoril (perfil de AG) es necesario desarrollar otras estrategias de alimentación, más allá del uso de concentrados en la etapa final del engorde. Esta última estrategia implica también un incremento importante en los costos de producción por el mayor precio de los granos de cereales, además de un aumento no deseado de otros depósitos grasos del animal (subcutánea, visceral e intermuscular). Smith *et al.*, (2000) reportaron que en los Estados Unidos en el intento por mejorar la calidad, incrementando el marmoreo de la carne en los sistemas de engorde a corral anualmente se generan 2 billones de kilogramos de grasa en exceso.

1.2 En busca de otras estrategias.

1.2.1 Adipogénesis

La deposición de GIM (marmoreo) es un carácter de moderada a alta heredabilidad ($h^2 = 0,3$ a $0,57$; Utrera y Van Vleck, 2004), lo que permitió grandes avances en la mejora del marmoreo a través de la selección genética. La variación restante (la mitad o más de la variación total) se debe al entorno ambiental, incluyendo el manejo del animal. Estudios recientes han demostrado que la deposición de GIM puede ser influenciada en etapas tempranas del crecimiento del animal; los estudios de la interacción entre la nutrición y la edad del animal son cada vez más importantes (Robinson *et al.*, 2001; McKiernan *et al.*, 2009).

Las células del tejido adiposo (adipocitos) y del músculo (miocitos) se originan durante el desarrollo embrionario a partir de una célula progenitora común. La promoción de una u otra línea celular temprana, potencia la formación de tejido graso o el crecimiento muscular. Esta promoción es influenciada por factores genéticos y por factores del entorno tales como los nutricionales. La formación de los cuatro depósitos grasos del animal (intramuscular, visceral, intermuscular y subcutáneo) no es totalmente independiente unos de otros (Robelin, 1986). Estos tejidos se forman de manera secuencial, lo que permitiría generar estrategias nutricionales para incrementar la GIM en un momento dado. La formación inicial de adipocitos en la GS ocurre en la etapa fetal tardía hasta la etapa temprana del destete (Hood y Allen, 1973), alrededor de los 180 d según Du *et al.*, 2013. En tanto que se estima que la

formación de los adipocitos del tejido graso intramuscular se produce durante la última parte de gestación hasta la etapa neonatal, alrededor de los 250 días de edad del ternero (Du *et al.*, 2013). El desarrollo del tejido adiposo comienza por una hiperplasia, aumento en el número de adipocitos, y finaliza con una hipertrófia, aumento en el diámetro de los mismos, pasando por un período combinado de hiperplasia e hipertrófia en el medio del desarrollo (Robelin, 1986). Más específicamente, la adipogénesis es el término utilizado para describir el proceso que engloba la proliferación, diferenciación y conversión de células inmaduras a células maduras capaces de llenarse, sintetizando lípidos, formando el tejido adiposo (Hausman *et al.*, 2001). La proliferación es una expansión clonal de células inmaduras y la diferenciación es el producto de cambios en estas células que resulta en la aparición de marcadores moleculares de lipogénesis (e.g. *estearoil CoA desaturasa*) que les permiten asimilar/sintetizar lípidos. Durante la diferenciación intervienen con un rol crítico el factor de transcripción PPAR γ (receptor activado de proliferación de los peroxisomas γ , por su sigla en inglés *peroxisome proliferator-activated receptor γ*) y C/EBPs (*CCAATT*) (*proteína de unión al promotor, por su sigla en inglés enhancer-binding protein CCAATT*). C/EBP β/δ se expresa en un estadio muy temprano de la adipogénesis y desencadena la expresión de PPAR (Fajas *et al.*, 2001. SREBP1 (*proteína de unión al elemento regulador del esteroil, por su sigla en inglés sterol regulatory binding protein-1*) es un factor de transcripción que actúa en la regulación del proceso.

1.2.2 Lipogénesis

Es importante estudiar la lipogénesis asociada con los depósitos grasos de interés antes de revisar las estrategias nutricionales para incrementar el contenido de GIM sin incrementar en mayor medida la GS. La síntesis de lípidos requiere de AG y glicerol 3-fosfato para formar triglicéridos. En los rumiantes, los AG no esenciales provienen de ácidos grasos volátiles (AGV, i.e. acetato, propionato y butirato), los cuáles son generados en el rumen por los microorganismos allí presentes, mientras que el glicerol 3-fosfato se forma mediante el precursor propionato y glucosa (Bernardi *et al.*, 2004). Una diferencia encontrada por Smith y Crouse (1984) entre la GS e intramuscular, es el precursor lipogénico. Los adipocitos intramusculares usan glucosa como principal sustrato para la síntesis *de novo* de AG, la cual es generada a partir del propionato, mientras que la grasa subcutáneo usa acetato. La proporción de los AGV que se

generan durante el proceso de digestión ruminal dependerá de la composición de la dieta del animal. Así, si el componente base es grano de cereal (e.g. maíz, cebada, trigo,) la proporción de propionato será el doble respecto a la que se obtiene con una dieta pastoril (Tabla 1), favoreciendo la lipogénesis del tejido graso intramuscular. A su vez, la relación de AGV es importante en el marmoreo ya que el aumento de propionato conduce a una mayor concentración de insulina, lo que resulta en el aumento de la absorción de nutrientes por parte de las células desde el torrente sanguíneo. En última instancia, una mayor absorción de nutrientes, provocará un incremento de la síntesis de AG y proteínas (Fluharty *et al.*, 2000). El incremento de la síntesis de AG se evidencia con el incremento de la actividad, expresión génica o ambos procesos de las enzimas claves de esta vía metabólica. Smith y Crouse (1984) observaron que el mayor EGD en animales alimentados con granos, respecto a aquellos alimentados con forrajes, estaba asociado al incremento en su actividad enzimática lipogénica. La digestión ruminal del almidón resulta en una gran producción de propionato y una menor producción de acetato proporcionando al animal una gran fuente de glucosa comparado con la digestión de fibra (Church, 1988). La deposición del marmoreo es un “evento de toda la vida”, en la cual existen puntos críticos donde se puede modificar a través de la nutrición (The Cattle Site, 2014). Una dieta basada en alto contenido de almidón genera potencialmente glucosa, ya sea a través de la gluconeogénesis a partir del propionato o a través de la absorción directa de glucosa en el intestino delgado (Rowe *et al.*, 1999). Si lo combinamos con la “ventana de marmoreo” que reportaron Du *et al.* (2013) en su revisión bibliográfica, una dieta con alta proporción de almidón al inicio de recría potenciaría la deposición de la GIM. El almidón proporcionaría una alta cantidad de glucosa, que es el precursor lipogénico del tejido adiposo intramuscular, lo que potenciaría la diferenciación de adipocitos, etapa en la cual se comienzan a expresar las enzimas de la vía lipogénica. A su vez, el estímulo que produciría sobre la expresión génica de la SCD, incrementaría la proporción de CLA en la carne.

Tabla 1. Porcentajes típicos de producción de ácidos grasos volátiles (VGA) según la dieta sea en base a grano o pastura.

Tipo de dieta	VGA		
	Acetato	Propionato	Butirato
Pastura	65-70%	15-25%	5-10%
Grano	50-60%	35-45%	5-10%

1.3 Estudios realizados

Myers *et al.* (1999c) compararon durante dos años, dos dietas (alto concentrado vs pastura) utilizadas a partir de los 117 d de edad, de terneros destetados tempranamente. Si bien no observaron diferencias en marmoreo cuando esos terneros fueron faenados, la cantidad de carcasas “Choice” tendió a ser mayor en los animales que habían recibido dietas concentradas.

Schoonmarker *et al.* (2003) suministraron cuatro dietas con niveles decrecientes de energía en las mismas (componente principal grano de maíz) a terneros destetados a los 119 d y observaron que tanto la GIM como la GS se depositaron más rápidamente en los animales alimentados con altos niveles de concentrado respecto a los alimentados con forrajes *ad libitum*. Por lo tanto, si los animales se faenan a un espesor de grasa constante, los animales que consumieron mayor energía depositarán la grasa más tempranamente, teniendo menos posibilidad de depositar GIM. Esto se debería a que no le da tiempo para desarrollar el tejido graso intramuscular, el cual se manifiesta más tardíamente que la GS. En un estudio similar de Schoonmarker *et al.* (2004) donde compararon tres dietas crecientes en el nivel de energía suministradas por 145 d a terneros destetados a los 90 d de edad, no encontraron diferencias significativas en el score de marmoreo a la faena pero si al final de la administración de los tratamientos (145 d).

Evidencias de estudios con animales de raza Hanwoo, quienes tienen una alta capacidad de depositar GIM, sugieren que el consumo de suplementos energéticos desde el destete hasta un período intermedio de engorde de animales en pastoreo, potencia el contenido de GIM y este efecto, perdura hasta la etapa de terminación (Hong *et al.*, 2008). Wang *et al.* (2005) compararon la expresión génica en m. *longissimus dorsi* de animales de raza Wagyu y Holstein a los 11 meses de edad, encontrando un incremento en los primeros de los genes claves de la adipogénesis y lipogénesis. La expresión de estos genes en terneros recién nacidos de la crucea Wagyu x Hereford se comparó con los terneros recién nacidos de la crucea Piedmontese x Hereford, algunos genes asociados con la adipogénesis se encontraron significativamente elevados (Lehnert *et al.*, 2007). Esto sugirió que el inicio del marmoreo ocurre entre el nacimiento y la fase temprana post-destete independientemente de la raza.

Graugnard *et al.* (2009) concluyeron que dietas con alto contenido de almidón en terneros recién destetados produjeron una alteración en los genes de la diferenciación de adipogénesis y del metabolismo energético. En el estudio siguiente, Graugnard *et al.* (2010) observaron que la exposición a dichas dietas durante la fase temprana de crecimiento indujo la precoz diferenciación de pre-adipocitos, lo que permitiría una acumulación anticipada de GIM. Estos trabajos denominan “Huella metabólica” (metabolic imprinting) a las alteraciones en el metabolismo energético que causan una dieta con alto contenido de almidón en el período post-destete, ya que perdurarían en el tiempo. Asimismo en un estudio anterior, Yamada y Nakanishi (2012) observaron al momento de la faena un mayor contenido de GIM, un incremento en la expresión del gen de un factor de transcripción involucrado en la diferenciación de adipocitos (PPAR- γ) y similar tamaño de adipocitos en animales Wagyu alimentados con altos niveles de concentrado en la dieta a partir de los 10 meses de edad respecto de aquellos alimentados con mayor proporción de pasturas. Esto sugirió que el aumento de GIM por alimentación con dietas ricas en almidón en etapas tempranas del crecimiento se debería a un aumento en el número de adipocitos (hiperplasia) y no del tamaño. En contraposición, Pordomingo *et al.* (2012) no encontraron diferencias en el contenido de GIM, pero sí en el perfil de AG al alimentar con hasta un máximo de 60% de concentrado en la dieta durante la recría, previo a la terminación con pastura por 132 d.

La deposición de marmoreo se puede manipular a través de la alimentación con dietas altas en energía post-destete; pero los resultados que se conocen a la actualidad no son concluyentes. Las evidencias sugieren que sería posible estimular tempranamente la deposición de GIM a través de la alimentación con altos niveles de almidón y las diferencias se mantendrían hasta la faena. De esta forma, si se utilizan dietas concentradas al inicio de período de engorde, en lugar de al finalizar el mismo, se podrían obtener adecuados niveles de GIM, con una mejor composición de AG (baja relación AGPI $n-6$: $n-3$ y alta proporción de CLA) y a su vez se beneficiaría la economía del sistema al usar menor cantidad de grano.

2. HIPÓTESIS

2.1. La utilización de dietas ricas en almidón (grano de maíz) al inicio de la recría y fibrosas (pastura) en terminación permite obtener:

- a. Similar nivel de marmoreo y grasa intramuscular
- b. Menor nivel de grasa subcutánea
- c. Menor relación $n-6: n-3$ tanto en el m. *Longissimus dorsi* como en la grasa subcutánea y
- d. Mayor proporción de CLA *cis9, trans-11* tanto en el m. *Longissimus dorsi* como en la grasa subcutánea

que con una estrategia de alimentación opuesta (fibrosa en inicio de recría y almidonosa en terminación).

2.2 El incremento del tejido adiposo subcutáneo por la utilización de dietas almidonosas se genera por una mayor:

- a. hiperplasia si se la ofrece al inicio de recría,
- b. hipertrófia si se la ofrece en terminación.

2.3. La utilización de dietas almidonosas solo en recría incrementa la expresión de la SCD respecto a la no utilización de dietas almidonosas, pero éste incremento es mayor cuándo la dieta almidonosa se ofrece en terminación o en ambos períodos.

3. OBJETIVO

Determinar el efecto de la alimentación con altas proporciones de almidón en la dieta al inicio de recría o en terminación, sobre el contenido y composición de la grasa intramuscular y subcutánea a la faena.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Experimento a campo

El ensayo se llevó a cabo en la Reserva N°7; INTA-EEA Balcarce (provincia de Buenos Aires). Cuarenta terneros Aberdeen Angus, (7 meses de edad promedio; 214 ± 14 Kg peso vivo promedio) fueron asignados al azar a cuatro estrategias de alimentación, definidas por las dietas ofrecidas al inicio de la recría (IR) y en terminación (TER). Al inicio de la recría durante 74 d los animales recibieron pastura (Raigrás anual; **P**) o una a base de grano de maíz (67% base seca; **C**; Tabla 2). En tanto que cuándo el peso vivo medio de los 40 novillos alcanzó los 300 kg comenzó el período de terminación que se extendió hasta la faena de los animales, en el cual recibieron pastura (festuca y tréboles; **P**) o una a base de grano de maíz (70%, **C**; Tabla 2). Durante 98 d, período entre IR y TER los animales pastorearon en conjunto festuca, trébol y alfalfa consociada. De esta forma, las cuatro estrategias de alimentación definidas fueron (figura 1):

- Concentrado al IR y concentrado en TER (**CC**).
- Concentrado al IR y pastura en TER (**CP**).
- Pastura al IR y concentrado en TER (**PC**).
- Pastura al IR y pastura en TER (**PP**).

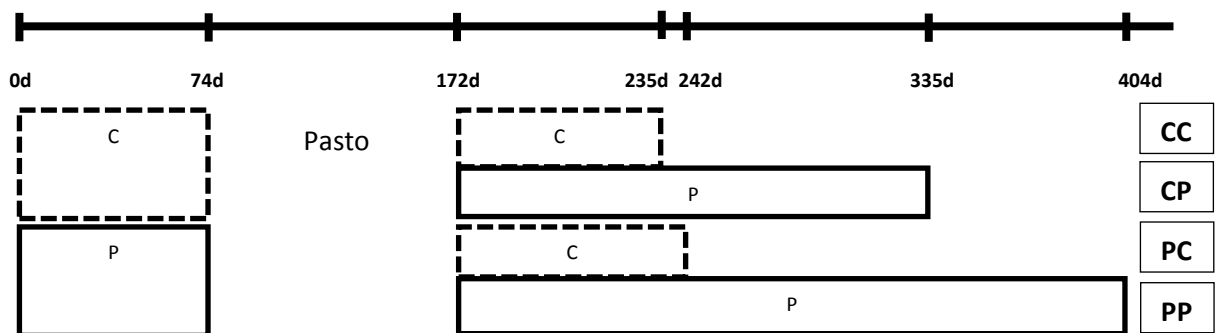


Figura 1. Manejo de animales en el campo experimental desde el inicio de ensayo (d0) hasta la faena (faena de CC a los 235d, de PC a los 242, de CP a los 335 y de PP a los 404 d del inicio de ensayo). **CC**, concentrado en IR y concentrado en TER; **CP**, concentrado en IR y pastura en TER; **PC**, pastura en IR y concentrado en TER; **PP**, pastura en IR y pastura en TER.

Tabla 2. Composición porcentual de la dieta (base materia seca) ofrecida al inicio de la recría y en terminación.

Componentes de la dieta, % materia seca	Dieta al inicio de recría (IR)	Dieta en terminación (TER)
Ensilaje de maíz	28,4	21,8
Grano de maíz	54,3	62,2
Harina de Girasol	13,8	13,1
Suplemento mineral	2,9	2,1
Urea	0,6	0,8

4.2. Toma de muestras y acondicionamiento de las mismas

Dado que los novillos sometidos a las distintas estrategias de alimentación alcanzaron el peso de faena, 450 Kg, en distinto momento, cada grupo experimental se faenó en distinta fecha. Las faenas se realizaron en el frigorífico de la ciudad de Dolores, provincia de Buenos Aires, a 210 Km del campo Experimental. Los animales se encerraron con acceso a agua fresca y sombra pero no a comida a las 14:00 h del día anterior, para ser trasladados al frigorífico donde permanecieron un noche en los corrales de espera con acceso a agua fresca para ser faenados al día siguiente.

En el frigorífico, cuarenta y cinco minutos después del sacrificio se tomó una muestra de GS de cada media res izquierda en la zona de pesada de res, y se la conservó inmediatamente en nitrógeno líquido para su transporte y almacenamiento a -80 °C en el laboratorio de Calidad de Carne de INTA- EEA Balcarce.

Veinticuatro horas *pos-mortem*, en las cámaras de enfriado del frigorífico, se trabajó sobre el músculo *longissimus dorsi* (LD) de las medias reses izquierdas. Se realizó un corte entre la 12^a-13^a costilla, en donde se determinó el grado de marmoreo (USDA ;2006) y el EGD a una distancia de dos tercios de la longitud total del bife desde la vértebra (calibre marca Starret). Se realizó un corte entre la 5^a y 6^a costilla y otro paralelo al eje longitudinal del músculo sobre el extremo lateral del músculo *longissimus dorsi* obteniendo el bloque del músculo de cada media res que fue transportado refrigerado al laboratorio de Calidad de Carne del INTA-EEA Balcarce.

Una vez en el laboratorio, se deshuesaron los bloques, se retiró todo el tejido conectivo y la grasa externa. De cada bloque se tomaron dos muestras de GS, una

se colocó dentro de un casete al cuál se lo sumergió en formol al 10% para realizar los cortes histológicos en el laboratorio de Histopatología Animal de INTA-EEA Balcarce. La otra muestra, se envasó al vacío y se colocó a -24 °C hasta su análisis de AG. Del músculo *longissimus dorsi* de cada bloque comenzando desde la 12ª costilla se cortó un primer bife del cual se diseccionó la GIM que se envasó al vacío y guardó a -20 °C para posterior análisis de número y tamaño de adipocitos. El siguiente bife se cortó con un espesor de 2,5 cm, se picó en una picadora de carne (ATMA), se envasó al vacío y se conservó a -24 °C hasta su posterior análisis proximal y de perfil de AG.

4.3 Metodología de laboratorio

4.3.1. Análisis proximal del músculo: Materia seca (MS) y Extracto etéreo (EE)

La MS se realizó por duplicado, por diferencia de peso luego del secado en estufa por 48 h a 60 °C. El EE se realizó por diferencia de peso con un extractor Ankon XT 10, Ankon, Macedon NY, USA.

4.3.2. Perfil de AG:

Las muestras congeladas tanto de GS como de carne fueron liofilizadas (FreeZone, Labconco, Missouri, USA), luego fueron pulverizadas y transmetiladas en duplicado según el método de Park y Goins (1994) basado en una catálisis básica seguido de una catálisis ácida. El análisis cuantitativo de los AG se realizó por cromatografía gaseosa (cromatógrafo gaseoso Clarus 500, Perkin Elmer) usando metil tricosanoato (C23:0; Supelco) como estándar interno a dos Split (1:10 y 1:100) para lograr por un lado, la adecuada separación de los AG presentes en altas concentraciones, y por otro la detección de aquellos presentes en bajas concentraciones, particularmente los CLA. Para la identificación de los AG de interés se utilizaron los siguientes estándares: PUFA N°3, Supelco; FAME MIX C14-C22, Supelco; FAME MIX C20:1-20:5, Matreya; CLA *trans-9 trans-11*, Matreya; CLA *cis-9 cis-11*, Matreya; CLA *cis-9 trans-11*, Matreya; CLA *trans-10 cis-12* Matreya y mezcla de isómeros CLA Sigma.

Los ácidos grasos saturados totales (AGS), monoinsaturados totales (AGMI) y los poliinsaturados totales (AGPI), ácidos grasos de cadena larga (AGCL) y sus relaciones se calcularon en base a las siguientes ecuaciones:

$$\text{AGS} = \text{C12:0} + \text{C14:0} + \text{C16:0} + \text{C18:0}$$

AGMI = C14:1 *cis*-9 + C16:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-9 + C18:1 *cis*-11

AGPI = C18:2 *n*-6 + C18:3 *n*-3 + C18:4 *n*-3 + C20:4 *n*-6 + C20:4 *n*-3 + C20:5 *n*-3 + C22:5 *n*-3 + C22:6 *n*-3

AGPI *n*-6 = C18:2 + C20:4

AGPI *n*-3 = C18:3 + C18:4 + C20:4 + C20:5 + C22:5 + C22:6

n-6 : *n*-3 = (C18:2 + C20:4) / (C18:3 + C18:4 + C20:4 + C20:5 + C22:5 + C22:6)

AGCL: AGPI = (C20:4 *n*-6 + C20:4 *n*-3 + C20:5 *n*-3 + C22:5 *n*-3 + C22:6 *n*-3) / AGPI

4.3.3. Diámetro de adipocitos:

Con las muestras de GS conservadas en formol al 10% se realizó un bloque de parafina para luego realizar un corte histológico de 10 µm de espesor (micrótomo Leica RM2125RT) y se tiñó con hematoxilina y eosina, para luego tomar fotos (Cámara digital Cannon) de los cortes histológicos con microscopio (Olympus CX31) utilizando un aumento de 40x para medir diámetro de adipocitos. El mismo se midió sobre 200 adipocitos por muestra con el software Image J (plataforma científica abierta para análisis de imágenes) calibrado con un portaobjeto con escala graduada. Se utilizó una solución de esferas de látex de 40 µm Beckman como control.

El diámetro de la GIM no se logró analizar por problemas de equipamiento.

4.3.4. Expresión génica de SCD, PPAR-γ y SREBP-1 de la grasa subcutánea:

La extracción de ARN y su retro transcripción para obtener cDNA se realizó por duplicado según el protocolo de extracción de ARN para muestras de alto contenido graso (Duckett., comunicación personal, 2015). Las muestras de GS recolectadas a los 45 minutos *pos-mortem* se homogenizaron (Homogenizer CAT X120) con una solución de trizol (TRI®REAGENT; Sigma Life Science) en proporción 1:5 y se conservaron a -80 °C. Luego el ARN se purificó con columnas PureYield RNA Miniprep system binding column (Promega) y se cuantificó a través de análisis nano fotométrico (Epoch microplate; Bio Teck) corroborando la calidad del mismo (relación de absorbancia 260:280 >1,9).

Luego se sintetizó el cDNA en una PCR (Thermal cycle Px2) según el protocolo de la enzima transcriptasa reversa Superscript (Invitrogen), usando RNAsa Out (Invitrogen) y RNAsa H (Invitrogen). El cDNA se conservó a -80 °C hasta su traslado al laboratorio de Dra. Duckett de la Universidad de Clemson, CS, EEUU, donde se realizó PCR en tiempo real con el fin de obtener expresión génica del gen de la

enzima Delta-9 (SCD), (SREBP1) y γ (PPAR- γ) con Glicer aldehído 3- Fosfato Deshidrogenasa (GADPH) como control interno (gen housekeeping). Previamente a la realización de la PCR en tiempo real, se seleccionaron cinco muestras de los tratamientos CC, CP y PC y cuatro para el tratamiento PP por PCR punto final ya que durante el viaje a la Universidad de Clemson, EEUU, el contenido de algunos eppendorf se evaporó. Para la PCR en tiempo real, se usaron primers diseñados a través del programa Primer3 (<http://primer3.sourceforge.net/>; Duckett *et al.*, 2009; Tabla 4). Las PCR en tiempo real se realizaron utilizando el protocolo Dr. Scott (laboratorio de Reproducción Animal de la Universidad de Clemson) utilizando un Eppendorf Mastercycler y el Syber Green de Quanta Bioscience.

Tabla 3. Secuencias utilizadas para realizar expresión génica

Nombre del gen	Secuencia Forward	Secuencia Revers (5' → 3')
GADPH	GGGTCATCATCTCTGCACCT	GGTCATAAGTCCCTCCACGA
SCD	TTATTCCGTTATGCCCTTGG	GGTAGTTGTGGAAGCCCTCA
PPAR-γ	AGGATGGGGTCCTCATATCC	GCGTTGAACTTCACAGCAAA
SREBP-1	CTGGAGAAGCTGGACTGAGG	GCTTTCCAAGACTCAGCAC

GADPH, Glicer aldehído 3- Fosfato Deshidrogenasa; SCD, Delta-9 Estearoil CoA Desaturasa; PPAR- γ , Peroxisome Proliferator-Activated Receptor γ ; SREBP1, Sterol Regulatory Element Binding Transcription Factor 1

4.3.5. Análisis estadístico

El análisis se realizó bajo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2 x 2 donde los factores fueron la dieta al IR con sus niveles pastura (P) y concentrado (C) y la dieta en TER con sus dos niveles pastura (P) y concentrado (C). Se utilizó al animal como unidad experimental. En el tratamiento PP se cuenta con nueve unidades experimentales por causas externas al ensayo.

El modelo experimental utilizado fue,

$$y_{ijk} = \mu_{ij} + A_i + B_j + A*B_{ij} + e_{ijk}$$

i=1,2 (niveles del factor dieta al inicio de recría)

j=1,2 (niveles del factor dieta en terminación)

k=1,2,3,4,5,6,7,8,9,(10) (repeticiones de cada tratamiento)

Donde,

μ = media general

A= Efecto de la dieta al inicio de recría sobre la variable en estudio

B= Efecto de la dieta en terminación sobre la variable en estudio

A*B= Efecto de la interacción formada entre los factores dieta al inicio de recría y dieta en terminación sobre la variable en estudio.

e= Error aleatorio experimental.

Todos los datos se analizaron con el programa MIXED de SAS 1999 (SAS Inst, Inc, Cary, NC). Las medias de mínimos cuadrados fueron comparadas usando el test de Tukey cuando la interacción fue significativa ($P < 0,05$). Valores de significancia de $P < 0.10$ fueron discutidos como tendencia. Además del análisis de ANOVA, se evaluaron los siguientes contrastes pre-planeados ($\alpha = 0,05$):

$$C_1. \mu CP = \mu PC$$

$$C_2. \mu PP = \frac{1}{2} (\mu PC + \mu CP)$$

$$C_3. \mu CC = \frac{1}{2} (\mu CP + \mu PC)$$

Para el análisis de la expresión génica de la SCD se normalizó el valor CT (ciclo umbral, por su sigla en inglés Threshold cycle) de cada muestra ($\Delta CT = CT_{SCD} - CT_{GAPDH}$) y estos fueron analizados mediante un análisis de varianza bajo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial como se describió anteriormente. Los cambios en la expresión génica para los tratamientos CC, PC y PP respecto a CP fueron calculados usando el método $2^{-\Delta\Delta CT}$ según Livak y Schmittgen. (2001).

5. RESULTADOS

5.1 Características de la res. Nivel de engrasamiento

La ganancia de peso diaria (tabla 4; $P < 0,01$) como el peso vivo final desbastado (tabla 4; $P < 0,01$) fueron mayores en los animales terminados con dieta con concentrado respecto a animales terminados en base a pasto.

Tabla 4. Parámetros productivos de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER).

IR	C		P		DE ¹	P-VALOR ²		
	C	P	C	P		IR	TER	IRxTER
TER								
N	10	10	10	9				
Período de ensayo, d	235	335	242	404				
Ganancia de peso diaria, Kg d ⁻¹	1,07	0,65	1,03	0,62	0,1	0,41	<0,01	0,84
Peso vivo final desbastado ⁴ , Kg	472	437	471	442	30,3	0,84	<0,01	0,72
RG ³ , %	56,4	55,5	56,4	55,6	3,6	0,82	<0,05	0,66

¹ DE, desviación estándar

² Los datos se analizaron a través de PROC MIXED de SAS

³ RG: rendimiento al gancho

⁴ Pesada en el campo experimental luego de 12 horas de desbaste.

Para alcanzar el peso vivo de faena preestablecido (450 kg) se necesitaron 235 d en CC, 242 d en PC, 335 d en CP y 404 d en PP (Tabla 4). Tanto el peso vivo final desbastado medido en el campo experimental (Tabla 4; $P < 0,01$), como el peso de la media res caliente (Tabla 5 $P < 0,01$) y el área de ojo de bife (Tabla 5; $P < 0,01$) fueron mayores, en los animales terminados con concentrados ($471 \pm 6,8$ kg; $256 \pm 4,1$ kg y $66 \pm 2,41$ cm², respectivamente) que en los terminados con pastura ($440 \pm 7,0$ kg, $244 \pm 4,3$ kg y $55 \pm 2,5$ cm²). El rendimiento en el gancho tuvo el mismo comportamiento (Tabla 4; $P < 0,05$), fue mayor en animales terminados con concentrados respecto a los animales terminados con pastura. El EGD fue afectado por la interacción de los efectos principales ($P = 0,05$; Tabla 5). El EGD de los animales de CC fue de ($8,26 \pm 0,40$ mm), en tanto que en ambos tratamientos de TER con pastura (PP y CP) se obtuvo el menor EGD ($3,37 \pm 0,34$ mm); en los animales de PC es obtuvo un valor intermedio ($6,56 \pm 1,5$ mm). Si bien no se

observaron ($P > 0,10$; Tabla 5) efectos de los factores principales ni de su interacción sobre el contenido de GIM ($3,48 \pm 1,2$), el nivel de marmoreo fue mayor ($P < 0,01$; Tabla 5) cuando al IR o en TER se ofreció concentrado y no pastura. El nivel de marmoreo incrementó cuando se le brindó concentrado en alguno de los dos períodos (C2; $P < 0,05$) e incrementó aún más cuando se le brindó concentrado en ambos períodos (C3; $P < 0,05$). A su vez, a diferencia de lo observado para el EGD, el contenido de GIM y el nivel de marmoreo de PC y CP fueron similares (C1; $P > 0,10$). La relación entre nivel de marmoreo y el EGD (marmoreo/EGD) no fue afectada ($P > 0,10$; Tabla 5) por las dietas utilizadas al IR, pero fue menor ($P < 0,01$) cuando en TER se utilizó concentrados y no pastura. En concordancia con el EGD, la relación nivel de marmoreo/EGD fue menor en PC que en CP (C1; $P < 0,05$).

Tabla 5. Características de las reses de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER)

Dieta al inicio de recría (IR)	C		P		DE ¹	P-valor		
Dieta en terminación (TER)	C	P	C	P		IR	TER	IRxTER
N	10	10	10	9				
AOB², cm²; C¹	65,42	55,05	67,71	56,43	10,8	0,6	< 0,01	0,9
P res caliente, Kg^{C1}	266	243	265	245	18,5	0,91	< 0,01	0,80
GIM³, g lípidos/100 g de tejido fresco	4,13	3,23	3,14	3,43	1,33	0,36	0,48	0,17
Nivel de marmoreo⁴; C²; C³	560	425	450	361	44,4	< 0,01	< 0,01	0,12
EGD⁵, mm	8,26 ^c	3,41 ^a	6,56 ^b	3,32 ^a	1,25	0,03	< 0,01	0,05
marmoreo /EGD^{C1}	70	134	72	118	30,3	0,42	< 0,01	0,39

¹ DE, desvío estándar (raíz cuadrada del cuadrado medio del error). ²AOB, área de ojo de bife. ³GIM, Grasa intramuscular. ⁴Nivel de marmoreo según USDA, Slight = 300; Small = 400; Modest = 500; Moderate = 600. ⁵EGD, espesor de grasa dorsal.

^{C1, C2, C3} Efecto de contraste significativo ($P < 0,05$). C1. $\mu CP = \mu PC$. C2. $\mu PP = \frac{1}{2} (\mu PC + \mu CP)$. C3. $\mu CC = \frac{1}{2} (\mu CP + \mu PC)$.

^{a-c} Medias con superíndices distintos dentro de una misma fila difieren significativamente ($P < 0,05$).

5.2. Composición de la grasa intramuscular y subcutánea

La proporción de AGS totales e individuales en el músculo *Longissimus dorsi* (Tabla 6) no fue afectada ($P > 0,10$) por la interacción de los efectos principales ni por el tipo de dieta utilizada durante el IR, pero sí ($P < 0,10$) por la dieta utilizada durante la TER. La utilización de concentrados en TER tendió a incrementar la proporción de AGS totales (3,56 %; $P = 0,07$), incrementó el ácido mirístico (C14:0, 23,6 %, $P < 0,01$) y la de ácido palmítico (C16:0, 9,3 %, $P < 0,01$) respecto a la utilización de pasturas durante dicho período, y redujo la de ácido láurico (C12:0, 17,6 %, $P = 0,08$) y la de ácido esteárico (C18:0, 6,9 %, $P = 0,03$). En el mismo sentido se observó que las proporciones de C14:0 y C16:0 fueron mayores (C1; $P <$

0,05) y la de C18:0 menor (C1; $P < 0,05$) en PC que en CP; no observándose diferencias (C1; $P > 0,10$) entre estos dos tratamientos en la proporción de AGS totales y de C12:0. El C16:0 incrementó aún más al ofrecer concentrado en ambos períodos (CC) respecto a brindarle concentrado en uno solo (C3; $P < 0,05$).

La proporción de AGMI totales e individuales (Tabla 6) tampoco fue afectada por la interacción de los efectos principales ($P > 0,10$). El uso de concentrado durante el IR tendió ($P < 0,10$) a incrementar las proporciones de los AGMI totales y las de los ácidos individuales (C18:1 *cis*-9 y C18: 1 *cis*-11), excepto el ácido palmitoleico (C16 :1 *cis*-9) que no fue afectado por el tipo de dieta utilizado en dicho período. En tanto que el uso de concentrado durante la TER respecto al uso de pastura ($P < 0,01$) y el tratamiento PC respecto a CP (C1; $P < 0,05$), incrementaron la proporción de AGMI totales y la de todos los AGMI individuales. Al mismo tiempo, los AGMI totales e individuales, excepto el C 16:1 *cis*-9, incrementaron cuando se ofreció concentrado en un solo período (C2; $P < 0,05$) e incrementaron aún más cuando se les ofreció concentrado en ambos períodos (C3; $P < 0,05$).

No se observó interacción ($P > 0,10$) entre los efectos principales para la proporción de AGPI totales e individuales (Tabla 6), excepto para la proporción del ácido linolénico (C18:3 *n*-3; $P = 0,04$). La utilización de pastoreo durante la recría o la terminación incrementó ($P < 0,01$) la proporción de C18:3 *n*-3. Sin embargo, el incremento de este ácido graso por la utilización de pastoreo en terminación fue de mayor magnitud cuando los animales fueron alimentados con pasturas durante la recría. Por otra parte, la utilización de concentrado durante el IR redujo la proporción de AGPI totales ($P = 0,05$), las de C20:5 *n*-3, C22:5 *n*-3 y C22:6 *n*-3 ($P < 0,01$), pero no afectó las de los restantes AGPI ($P > 0,10$). La utilización de concentrado en TER redujo la proporción de AGPI totales y la de los AG individuales respecto al uso de pastura, excepto las de C18:2 *n*-6, C20:4 *n*-3 y C22:6 *n*-3 que no difirieron. Además de las diferencias observadas entre PC y CP para las proporciones del C18:3 *n*-3, se observó que las proporciones de C20:4 *n*-6 y C22:6 *n*-3 fueron menores (C1; $P < 0,05$) y mayores (C1; $P < 0,05$) respectivamente en PC que en CP. A su vez, el 22:6 *n*-3 fue menor al ofrecer concentrado en ambos períodos respecto a ofrecerlo solo en una (C3; $P < 0,05$). Los ácidos grasos C20:5 *n*-3 y C22:5 *n*-3 disminuyeron cuando se le ofreció concentrado en ambos períodos respecto a cuándo se utilizó en uno solo (C3; $P < 0,05$) y al igual que los AGPI totales fueron menores cuando se ofreció concentrado en un solo período respecto a cuándo no se consumió (C2; $P < 0,05$).

Los AGPI *n*-6 y *n*-3 totales no fueron afectados por la interacción de los efectos principales ($P > 0,10$). La proporción de AGPI *n*-6 totales no fue afectada por las dietas utilizadas tanto al IR como en TER, pero la proporción de AGPI *n*-3 totales disminuyó ($P < 0,01$) al utilizar concentrados en la recría (35,6 %) o en la TER (43,6 %). A su vez, los AGPI *n*-3 fueron menores cuando se ofreció concentrados en ambos períodos (C3; $P < 0,05$) y menores cuando no se ofreció concentrados (C2; $P < 0,05$) respecto a cuándo se ofreció solo una vez. La relación *n*-6: *n*-3 fue afectada por la interacción de los efectos principales ($P = 0,03$). La mayor relación se observó al utilizar concentrado en ambos períodos (CC) y la menor al no utilizarlo en ningún período (PP). En tanto que utilizar el concentrado sólo en IR o sólo en TER (CP y PC) generó una relación *n*-6: *n*-3 intermedia sin diferencias significativas ($P = 0,93$) entre tratamientos.

Tanto la proporción de ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11; TVA; Tabla 6) como la del isómero *cis*-9, *trans*-11 de ácido linoléico conjugado (CLA *cis*-9, *trans*-11; Tabla 6) no fueron afectadas por la interacción de los efectos principales ($P > 0,10$). La utilización de concentrado en el IR no afectó la proporción de TVA pero si disminuyó ($P = 0,05$) la del CLA *cis*-9, *trans*-11 respecto al uso de pastura; mientras que la proporción de ambos AG fue menor cuando se utilizó concentrado en TER. A su vez, utilizar el concentrado en TER (PC) en vez que al inicio de la recría (CP) también disminuyó (C1; $P < 0,05$) la proporción de ambos ácidos grasos (19,7 % y 28,3 % respectivamente). A su vez el CLA *cis*-9, *trans*-11 fue menor cuando se ofreció concentrado en ambos períodos (C3; $P < 0,01$) y mayor cuando no se le ofreció (C2; $P < 0,01$).

Tabla 6. Proporción de ácidos grasos del músculo *Longissimus dorsi* de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER).

Dieta al inicio de recría (IR)	C		P		DE ¹	P- valor		
	C	P	C	P		IR	TER	IR x TER
N	10	10	10	9				
mg AG/100 mg tejido fresco	3,4	2,3	2,7	2,0	1,14	0,22	0,02	0,65
AG, mgAG/100 mgAG totales								
AGS²	39,8	38,1	38,8	37,8	2,31	0,41	0,07	0,17
C12:0	0,07	0,08	0,07	0,09	0,01	0,12	0,08	0,19
C14:0^{C1}	2,3	1,86	2,25	1,82	0,39	0,79	<0,01	0,92
C16:0^{C1,C3}	23,63	21,13	22,72	21,27	1,48	0,42	<0,01	0,28
C18:0^{C1}	13,75	14,95	13,69	14,53	1,37	0,60	0,03	0,68
C15:0^{C1,C3}	0,4	0,51	0,44	0,51	0,08	0,44	<0,01	0,44
C17:0	0,99	0,94	0,94	0,88	0,11	0,16	0,13	0,86

AGMI ^{3,C1,C2,C3}	44,94	39,19	43,30	38,54	1,92	0,07	<0,01	0,42
C16:1 cis 9 ^{C1}	3,36	2,90	3,30	3,03	0,40	0,75	<0,01	0,40
C18:1 cis-9 ^{C1,C2,C3}	39,73	34,68	38,22	34,00	1,80	0,07	<0,01	0,48
C18:1 cis-11 ^{C1,C2,C3}	1,74	1,46	1,66	1,32	0,19	0,08	<0,01	0,66
C18:1 trans-9 ^{C2}	0,00	0,07	0,01	0,22	0,09	0,01	<0,01	0,06
C18:1 trans-11 (TVA) ^{C1}	2,40	2,90	2,33	3,02	0,66	0,89	<0,01	0,66
AGPI ^{4,C2}	4,87	6,51	5,64	7,65	1,44	0,05	<0,01	0,69
C18:2 n-6	2,35	2,50	2,49	2,55	0,68	0,66	0,63	0,84
C18:3 n-3	0,34 ^a	0,86 ^b	0,49 ^a	1,24 ^b	0,17	<0,01	<0,01	0,04
C20:4 n-6 ^{C1}	0,88	1,25	0,80	1,17	0,37	0,42	<0,01	0,92
C20:4 n-3	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03	0,10	0,75	0,83
C20:5 n-3 ^{C2,C3}	0,18	0,37	0,41	0,71	0,18	<0,01	<0,01	0,34
C22:5 n-3 ^{C2,C3}	0,39	0,62	0,65	0,96	0,21	<0,01	<0,01	0,56
C22:6 n-3 ^{C1,C3}	0,05	0,07	0,10	0,11	0,03	<0,01	0,28	0,59
CLA cis-9 trans-11 ^{C1,C2,C3}	0,41	0,60	0,43	0,70	0,09	0,05	<0,01	0,18
CLA trans-10 cis-12 ^{C2}	0,07	0,07	0,07	0,05	0,01	0,01	<0,01	0,27
CLA cis-9 cis-11	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,95	0,04	0,19
CLA trans-9 trans-11 ^{C2}	0,13	0,15	0,16	0,22	0,04	0,01	0,01	0,25
CLA/TVA ⁵	0,18	0,21	0,21	0,23	0,06	0,22	0,27	0,92
n-6/n-3 ⁶	2,81 ^c	1,77 ^b	1,78 ^b	1,15 ^a	0,29	<0,01	<0,01	0,03
AGPI n-6	3,23	3,75	3,29	3,70	1,00	0,99	0,16	0,86
AGPI n-3 ^{C2,C3}	1,15	2,10	1,85	3,22	0,55	<0,01	<0,01	0,25

¹DE, Desvío estándar, ² AGS, ácidos grasos saturados, ³ AGMI, ácidos grasos moniinsaturados, ⁴ AGPI, ácidos grasos poliinsaturados, ⁵ CLA/TVA, Relación entre CLA *cis-9 trans-11* y ácido vaccénico, ⁶ n-6: n-3, Relación entre ácidos grasos poli-insaturados.

^{C1, C2, C3} Efecto de contraste significativo ($P < 0,05$). C_1 . $\mu CP = \mu PC$, C_2 . $\mu PP = \frac{1}{2} (\mu PC + \mu CP)$, C_3 . $\mu CC = \frac{1}{2} (\mu CP + \mu PC)$.

^{a-c} Medias con superíndices distintos dentro de una misma fila difieren significativamente ($P < 0,05$).

5.2.1 Ácidos grasos en una porción de carne

La composición lipídica de un bife de 114 g (Tabla 7), considerando que una porción de carne cocida es 85,5 g debido a que se pierde un 25 % de agua durante la cocción, contiene igual cantidad de CLA *cis-9, trans-11* independientemente de la dieta. Un bife proveniente de animales terminados con concentrados si bien tiene mayor cantidad de AG totales, mayor contenido de AGPI *n-6* totales e igual contenido de TVA y CLA *cis-9, trans-11* que un bife proveniente de animales terminados en base a pastura, tiene menor cantidad de AGPI *n-3* totales y mayor cantidad de los ácidos grasos hiper-colesterolémicos C14:0 y C16:0.

Tabla 7. Contenido de ácidos grasos totales y de los principales AG en una porción de carne a servir (mg por cada 85,5 gr de carne) proveniente de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en la terminación (TER).

Dieta IR	C		P		DE ¹	P-valor		
	C	P	C	P		IR	TER	IR X TER
Dieta TER								
AG, mg/85,5g servidos ²								
AG totales	3818	1852	3100	2308	1154	0,74	<0,01	0,14
C14:0	87	50	72	45	33	0,35	<0,01	0,64
C16:0	902	563	709	503	310	0,21	<0,01	0,51

C18:0	476	395	431	335	185	0,39	0,15	0,90
C18:1_{cis-9}	1526	919	1185	789	509	0,16	<0,01	0,52
C18:1_{trans-11}	97	83	72	70	41	0,31	0,82	0,89
CLA_{cis-9,trans-11}	15	16	13	16	7	0,73	0,60	0,65
AGS³	1526	1011	1216	885	543	0,22	0,02	0,60
AGMI⁴	1724	1037	1344	894	569	0,16	<0,01	0,52
AGPI⁵	157	139	146	145	33	0,81	0,39	0,40
AGPI <i>n</i>-6	115	88	93	77	21	0,02	<0,01	0,43
AGPI <i>n</i>-3	42	51	52	68	13	<0,01	<0,01	0,44

¹DE, desvío estándar, ² mg AG cada 85,5 g servidos, calculados teniendo en cuenta 25% de pérdida de agua por cocción, ³ AGS, ácidos grasos saturados, ⁴ AGMI, ácidos grasos monoinsaturados, ⁵ AGPI, ácidos grasos poliinsaturados.

En la grasa subcutánea (Tabla 8) no se encontró efecto de interacción entre los factores principales evaluados para las proporciones de AGS, AGMI y AGPI totales e individuales ($P > 0,10$). De las proporciones de AGS y AGMI totales e individuales solo se observaron efectos principales ($P < 0,10$) para C14:0, C16:0 y C18:1 *cis*-11. La utilización de concentrado durante IR incrementó en un 24,05% la proporción de C18:1 *cis*-11 ($P < 0,01$), y su utilización en TER incrementó un 7,95% la proporción de C14:0 ($P = 0,06$) y la de C16:0 en un 5,9 % ($P < 0,01$). La proporción de C16:0 fue mayor en PC que en CP ($P = 0,04$) y el C 18:1 *cis*-11 fue mayor cuando se le ofreció concentrado en un solo período respecto a cuándo no se ofreció (C2; $P < 0,05$).

El uso de concentrado durante el IR disminuyó ($P < 0,05$; Tabla 8) las proporciones de C18:3 *n*-3, y la de C20:4 *n*-3 en la grasa subcutánea e incrementó ($P < 0,01$; Tabla 8) las proporciones de AGPI totales, C18:2 *n*-6; en tanto que su uso en TER disminuyó ($P < 0,05$; Tabla 8) todos los AGPI individuales, excepto la proporción de C 18:2 *n*-6 la cual fue incrementada ($P < 0,01$; Tabla 8) y la proporción de C22:6 *n*-3, cuya proporción no fue afectada ($P = 0,87$; Tabla 8). En tanto que el uso de concentrado solo en TER redujo (C1; $P < 0,05$; Tabla 8) la proporción de AGPI totales, C20:4 *n*-6, C20:4 *n*-3, y C22:5 *n*-3 respecto a su utilización solo en el IR. Cuando se ofreció concentrado solo en un período, el C18:2 *n*-6 y el C 22: 5 *n*-3 fueron menores, mientras que el C18:3 *n*-3 y el C 20:4 *n*-6 mayores, respecto a cuando no se les ofreció concentrado (C2; $P < 0,05$). El C18:2 *n*-3 fue mayor y los C 22: 5 *n*-3, C18:3 *n*-3 y el C 20:4 *n*-6 fueron menores respecto a cuándo se les ofreció concentrado en ambos períodos (C3; $P < 0,05$).

Ni para las proporciones AGPI *n*-6 ni AGPI *n*-3 totales (Tabla 8) se observaron efectos de interacción entre los factores principales ($P > 0,10$), pero si se observó un efecto de la dieta tanto al IR ($P < 0,05$) como en TER ($P < 0,01$). En este sentido,

cuando se utilizó concentrado al IR la proporción del primero incrementó un 35 % y la del segundo disminuyó un 11 %, mientras que cuando se utilizó concentrado en TER AGPI *n*-6 totales aumentó un 24,2% y AGPI *n*-3 totales cayó un 28%. Solo se encontró diferencia entre PC y CP para la proporción de AGPI *n*-3 totales (C1; $P = 0,01$). La relación entre los mismos (*n*-6: *n*-3; Tabla 8) fue afectada tanto por la dieta utilizada al IR ($P < 0,01$) como por aquella utilizada en TER ($P < 0,01$). En ambos casos la relación *n*-6: *n*-3 aumentó con el uso de concentrados (47,0% y 63,0% respectivamente), no observándose diferencias entre CP y PC (C1; $P = 0,16$). Tanto la relación *n*-6: *n*-3, como los AGPI *n*-6 totales, fueron mayores cuando se les ofreció concentrado en un solo período, respecto a cuando no se les ofreció (C2; $P < 0,05$) y a su vez fueron menores respecto a cuándo se les ofreció concentrado en ambos períodos (C3; $P < 0,05$). La proporción de AGPI *n*-3 fue menor cuando se ofreció concentrado en un solo período respecto a cuando no se ofreció (C2; $P < 0,05$) y a su vez mayor que cuando se ofreció concentrado en ambos períodos (C3; $P < 0,05$).

A diferencia de CLA *cis*-9, *trans*-11, el TVA (Tabla 8) no fue afectado por la interacción entre los factores principales ($P = 0,84$). Si bien el TVA fue afectado por la dieta al IR ($P < 0,01$) y por la dieta en TER ($P < 0,01$) obteniendo menores valores cuando se usaron concentrados, no se observaron diferencias significativas entre CP y PC (C1; $P = 0,9$). El CLA *cis*-9, *trans*-11 presentó una interacción significativa ($P = 0,01$), encontrando el mayor valor cuando no se utilizó concentrados, el menor valor cuando se utilizó concentrados en ambos períodos (CC) o cuando se utilizó el mismo en TER (PC). Un valor intermedio y similar a PC se encontró cuando el concentrado se utilizó al IR ($P = 0,74$). El TVA fue menor cuando se ofreció concentrado en un solo período respecto a cuando no se le ofreció (C2; $P < 0,05$) y mayor respecto a cuándo se le ofreció en ambos períodos (C3; $P < 0,05$).

La relación entre los ácidos grasos CLA *cis*-9 *trans*-11 y ácido vaccénico (CLA/TVA) en el tejido adiposo subcutáneo, no fue afectada ($P > 0,1$) por la interacción entre los efectos de factores principales ni por la dieta tanto al IR como en TER.

Tabla 8. Proporción de ácidos grasos de la grasa subcutánea de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER).

Dieta al inicio de recría (IR)	C		P		DE ¹	P-valor		
	C	P	C	P		IR	TER	IR x TER
Dieta en terminación (TER)	C	P	C	P				
<i>N</i>	10	10	10	9				

AG, mgAG/100 mgAG								
AGS²	39,76	38,98	39,99	39,30	2,38	0,66	0,15	0,46
C12:0	0,08	0,08	0,08	0,09	0,02	0,78	0,63	0,38
C14:0	3,4	3,13	3,39	3,16	0,60	0,99	0,06	0,49
C16:0^{C1}	24,07	22,91	24,12	22,59	1,30	0,83	<0,01	0,57
C18:0	12,17	12,86	12,41	13,46	1,83	0,51	0,13	0,8
C15:0^{C2}	0,49	0,54	0,50	0,63	0,08	0,09	<0,01	0,57
C17:0	1,06	0,97	1,00	0,97	0,14	0,52	0,18	0,49
AGMI³	43,90	45,4	44,5	42,55	3,08	0,26	0,82	0,1
C16:1 cis-9	4,19	4,50	4,61	4,52	0,74	0,37	0,39	0,22
C18:1 cis-9	39,04	38,02	38,24	36,55	2,78	0,23	0,66	0,15
C18:1 cis-11^{C2}	1,67	1,58	1,43	1,19	0,23	<0,01	0,14	0,11
C18:1 trans-9	0,20	0,22	0,22	0,29	0,49	0,79	0,31	0,14
C18:1 trans-11 (TVA)^{C2,C3}	2,43	3,28	3,37	4,49	0,71	<0,01	<0,01	0,84
AGPI^{4,C1}	1,62	1,66	1,45	1,46	0,20	<0,01	0,50	0,58
C18:2 n-6^{C2,C3}	1,03	0,89	0,81	0,56	0,12	<0,01	<0,01	0,12
C18:3 n-3^{C2,C3}	0,21	0,35	0,29	0,52	0,08	<0,01	<0,01	0,10
C20:4 n-6^{C1,C3}	0,05	0,07	0,05	0,06	0,01	0,97	<0,01	0,23
C20:4 n-3^{C1,C2,C3}	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	<0,01	0,10
C20:5 n-3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,71	0,16	0,68
C22:5 n-3^{C1,C2,C3}	0,03	0,06	0,03	0,03	0,02	0,58	<0,01	0,45
C22:6 n-3	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,46	0,86	0,27
CLA cis-9 trans-11	0,66 ^c	0,82 ^b	0,81 ^{bc}	1,34 ^a	0,20	<0,01	<0,01	0,01
CLA trans-10 cis-12^{C1}	0,11	0,12	0,09	0,10	0,02	<0,01	0,07	0,99
CLA trans-9 trans-11^{C3}	0,10	0,17	0,14	0,19	0,05	0,05	<0,01	0,55
CLA/TVA	0,29	0,26	0,25	0,30	0,09	0,93	0,85	0,1
n-6/n-3^{6,C2,C3}	2,00	1,38	1,52	0,78	0,31	<0,01	<0,01	0,67
AGPI n-6^{C2,C3}	1,08	0,95	0,87	0,63	0,12	<0,01	<0,01	0,1
AGPI n-3^{C1,C2,C3}	0,54	0,73	0,59	0,84	0,12	0,04	<0,01	0,39

¹ DE, Desvío estándar, ² AGS, ácidos grasos saturados, ³ AGMI, ácidos grasos moniinsaturados, ⁴ AGPI, ácidos grasos poliinsaturados, ⁵ CLA/TVA, Relación entre CLA cis-9 trans-11 Y ácido vaccénico . ⁶ n-6 : n-3, Relación entre ácidos grasos poliinsaturados.

^{C1, C2, C3} Efecto de contraste significativo ($P < 0,05$). C_1 . $\mu CP = \mu PC$. C_2 . $\mu PP = \frac{1}{2} (\mu PC + \mu CP)$. C_3 . $\mu CC = \frac{1}{2} (\mu CP + \mu PC)$.

^{a-c} Medias con superíndices distintos dentro de una misma fila difieren significativamente ($P < 0,05$).

Solo los AGS totales, los individuales C14:0, C16:0, los AGMI totales y el C18:1 cis-9 del músculo *Longissimus dorsi* presentaron correlaciones positivas ($P < 0,01$; Tabla 9) con el % AG totales (mg AG totales / 100 mg de muestra fresca). En sentido contrario, solo los AG del músculo *Longissimus dorsi*, C18:2 n-6, C18:3 n-3, los AGPI totales, los AGPI n-6, AGPI n-3 y la relación AGPI: AGS presentaron correlaciones negativas ($P < 0,05$; Tabla 9) con % de AG totales del músculo *Longissimus dorsi*.

Los AG de la grasa subcutánea C14:0, C16:0, C18:2 n-6, los AGPI n-6 y la relación n-6: n-3, presentaron correlaciones positivas ($P < 0,05$; Tabla 9) con el EGD. En sentido contrario, el C18:1 trans-11, el CLA cis-9 trans-11, el C18:3 n-3, los AGPI n-3 y la relación C18:3 n-3: AGPI n-3 presentaron correlaciones negativas ($P <$

0,01; Tabla 9) con el EGD. Los restantes AG y sus relaciones no presentaron correlaciones significativas.

Tanto en el músculo *Longissimus dorsi* como en la GS (Figura 2) se encontró una correlación positiva y similar ($r= 0,6$; $P < 0,01$) entre el TVA y el CLA *cis-9 trans-11*. A su vez, sólo se observaron correlaciones positivas ($P < 0,05$; Tabla 9) entre la proporción de los AG del músculo *Longissimus dorsi* y su proporción en la grasa subcutánea para los AG C14:0, C16:0, C18:0, T, CLA *cis-9 trans-11*, C18:3 *n-3*, AGPI *n-3*, las relaciones *n-6: n-3* y C18:3 *n-3: AGPI n-3*.

Tabla 9. Coeficientes de correlación de Pearson (r): entre la proporción de AG individuales, totales y sus relaciones en el músculo *longissimus dorsi* y el % de AG totales del LD, entre la proporción de AG individuales, totales y sus relaciones en el músculo LD y la GS; entre la proporción de AG individuales, totales y sus relaciones en la GS y el EGD, de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER).

Ácido Graso	r entre la proporción de AG del LD (mg AG/100 mg de AG totales) y el contenido total de AG en el LD (mg AG totales/100 mg tejido fresco)		r entre la proporción de AG de GS (mg AG/100 mg de AG totales) y EGD (mm)
	proporción de AG en LD (mg AG/100 mg de AG totales)	proporción de AG en GS (mg AG/100 mg de AG totales)	
C14:0	0,47 ^{***}	0,58 ^{***}	0,41 ^{**}
C16:0	0,47 ^{***}	0,62 ^{***}	0,63 ^{***}
C16:1 <i>n-7</i>	0,29 [*]	0,20	0,01
C18:0	0,09	0,41 ^{***}	-0,37 ^{**}
C18:1 <i>cis-9</i>	0,44 ^{***}	0,07	0,06
C18:1 <i>trans-11</i>	-0,06	0,48 ^{***}	-0,58 ^{***}
C18:2 <i>n-6</i>	-0,67 ^{***}	0,01	0,50 ^{***}
C18:3 <i>n-3</i>	-0,53 ^{***}	0,68 ^{***}	-0,59 ^{***}
CLA <i>cis-9, trans-11</i>	-0,17	0,67 ^{***}	-0,40 ^{**}
AGS	0,50 ^{***}	0,29 [*]	0,20
AGMI	0,43 ^{***}	0,01	0,07
AGPI	-0,78 ^{***}	-0,25	0,04
AGPI <i>n-6</i>	-0,75 ^{***}	-0,04	0,47 ^{***}
AGPI <i>n-3</i>	-0,65 ^{***}	0,38 ^{**}	-0,53 ^{***}
AGMI:AGS	0,035	0,06	-0,05

AGPI:AGS	-0,75 ^{***}	-0,04	-0,15
n-6: n-3	0,24	0,79 ^{***}	0,60 ^{***}
C18:3 n-3:AGPI n-3	0,004	0,49 ^{***}	-0,52 ^{***}

Nivel de significancia, * $P < 0,1$; ** $P < 0,05$; *** $P < 0,01$

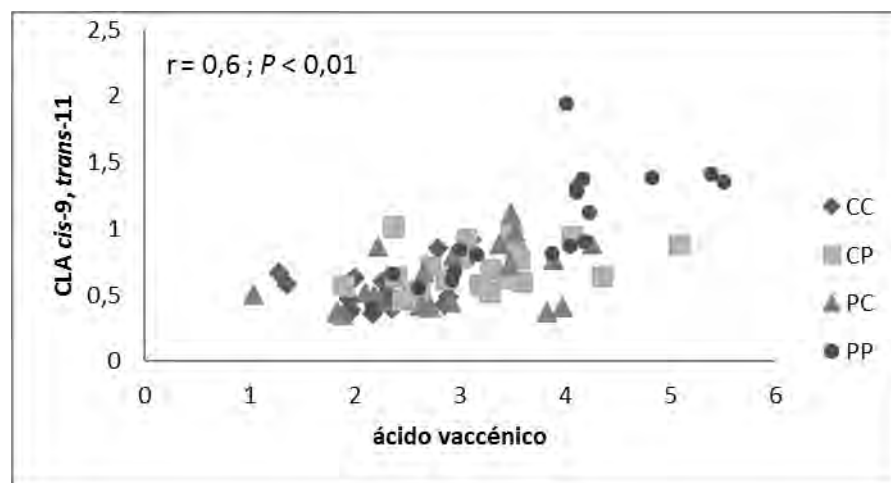


Figura 2. Coeficiente de correlación de Pearson (r) entre el ácido vaccénico y CLA *cis-9 trans-11* del músculo LD y la GS en novillos alimentados con dietas concentradas o pastura al inicio de la recría o en terminación. CC: concentrados tanto al inicio de la recría como en terminación, PC: pasto al inicio de la recría y concentrado en terminación, PC: concentrado al inicio de la recría y pasto en terminación y PP: pasto tanto al inicio de la recría como en terminación.

5.3. Histología de la grasa subcutánea

El diámetro de los adipocitos del tejido adiposo subcutáneo (Figura 3) no fue afectado por la interacción de los factores principales ($P > 0,10$) ni por la dieta al IR ($P > 0,1$). Sin embargo, al utilizar concentrados en TER aumentó un 21% el diámetro (Figuras 3 y 4).

El diámetro de los adipocitos del tejido adiposo subcutáneo presentó una correlación positiva con el EGD ($r = 0,64$; $P < 0,01$), con C14:0 ($r = 0,41$; $P < 0,05$) y con C16:0 ($r = 0,52$; $P < 0,01$). En sentido contrario, presentó una correlación

negativa con la relación $n-6$: $n-3$ ($r = -0,41$; $P < 0,05$) y con la relación AGCL: AGPI ($r = -0,37$; $P < 0,05$).

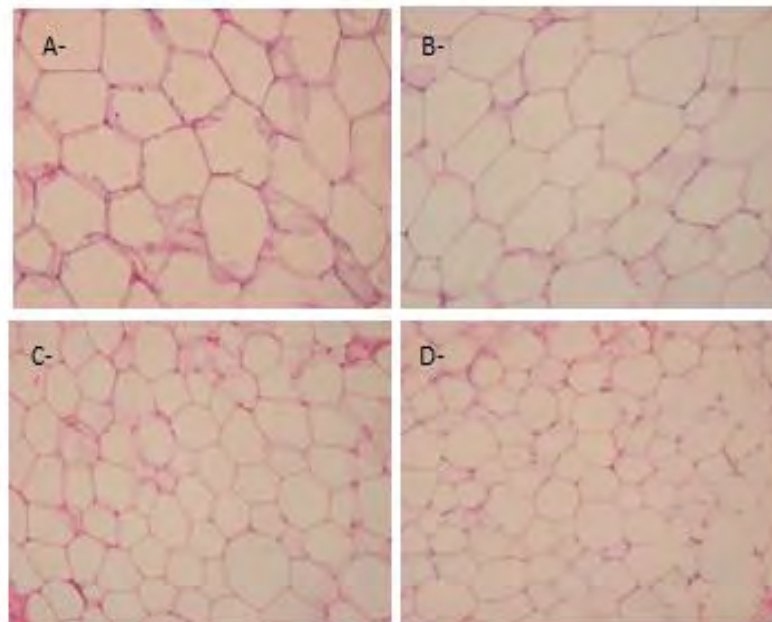


Figura 3. Cortes histológicos teñidos con eosina-hematoxilina observadas a 40X, de novillos alimentados con A) concentrados tanto al IR como en TER (CC), B) pastura al IR y concentrado en TER (PC), C) concentrado al IR y pastura en TER (CP) y D) pastura tanto al IR como en TER (PP).

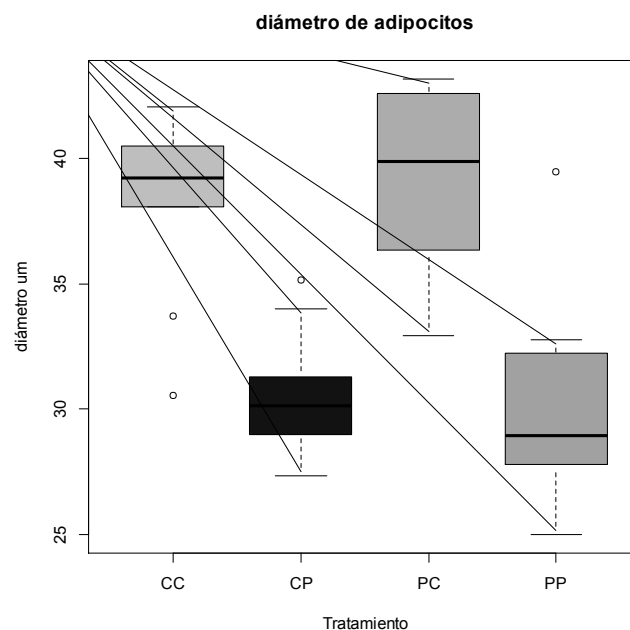


Figura 4. Diagrama de caja para la variable diámetro de adipocitos del tejido adiposo subcutáneo de novillos alimentados con dietas concentradas o pastura al inicio de la recría o en terminación. CC: concentrados tanto al inicio de la recría como en terminación, PC: pasto al

inicio de la recría y concentrado en terminación, PC: concentrado al inicio de la recría y pasto en terminación y PP: pasto tanto al inicio de la recría como en terminación.

5.4. Expresión génica de tejido adiposo subcutáneo

La expresión de PPAR- γ y de SREBP-1 no fue afectada por los factores principales ni por su interacción ($P > 0,1$). La expresión relativa del mRNA de ambas enzimas respecto al tratamiento CP (Figura 5), fue similar para CC, PC y PP respectivamente.

Se observó efecto de interacción entre los factores principales sobre la expresión génica de la enzima ($\Delta 9$ SCD; $P < 0,05$). Respecto al tratamiento CP, la expresión relativa de mRNA de dicha enzima (Figura 6) fue 6,5 y 12,5 veces mayor en CC y PC respectivamente ($P > 0,1$) y 61,8 veces menor en PP ($P < 0,1$).

La expresión génica de la $\Delta 9$ SCD presentó correlación negativa con el diámetro de adipocitos ($r = -0,71$; $P < 0,01$; Figura 7.a). Al mismo tiempo, presentó una correlación positiva con el CLA *cis*-9, *trans*-11 ($r = 0,66$; $P < 0,01$; Figura 7.b) y con TVA ($r = 0,52$; $P < 0,05$; Figura 7.c), pero no presentó correlación ($P > 0,1$; Figura 7.d) con la relación CLA *cis*-9, *trans*-11: ácido vaccénico (CLA: TVA).

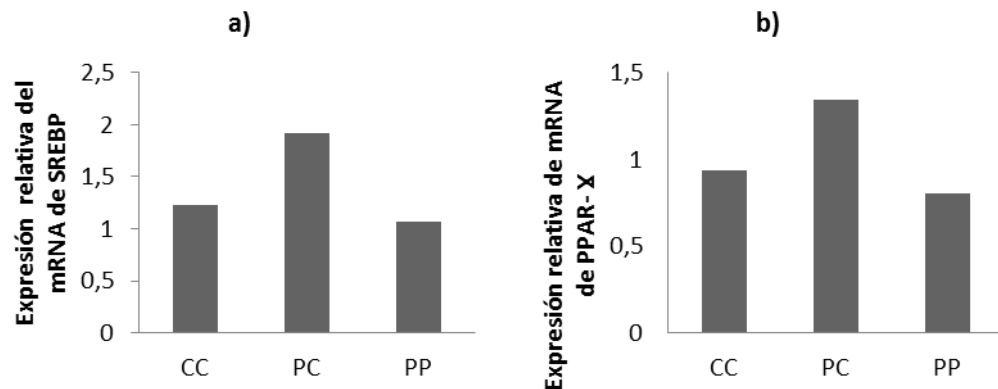


Figura 5. Expresión relativa de la enzima a) SREBP-1, b) PPAR- γ , usando como control el tratamiento CP de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER). CP: dieta C al IR y P en TER. CC: dieta C al IR y C en TER. PC: dieta P al IR y C en TER. PP: dieta P al IR y P en TER.

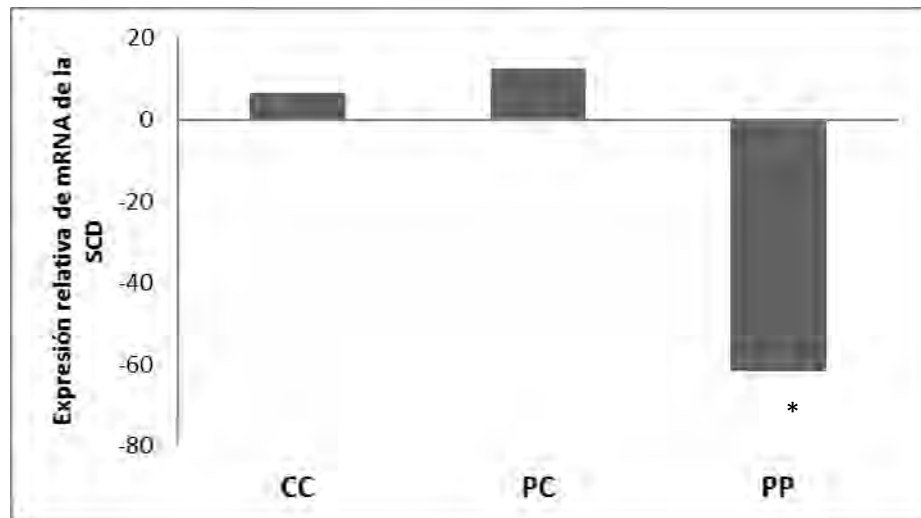


Figura 6. Expresión relativa de la enzima SCD, usando como control el tratamiento CP de novillos alimentados con dietas concentradas (C) o pastura (P) al inicio de la recría (IR) o en terminación (TER). CP: dieta C al IR y P en TER. CC: dieta C al IR y C en TER. PC: dieta P al IR y C en TER. PP: dieta P al IR y P en TER. * $P < 0,05$.

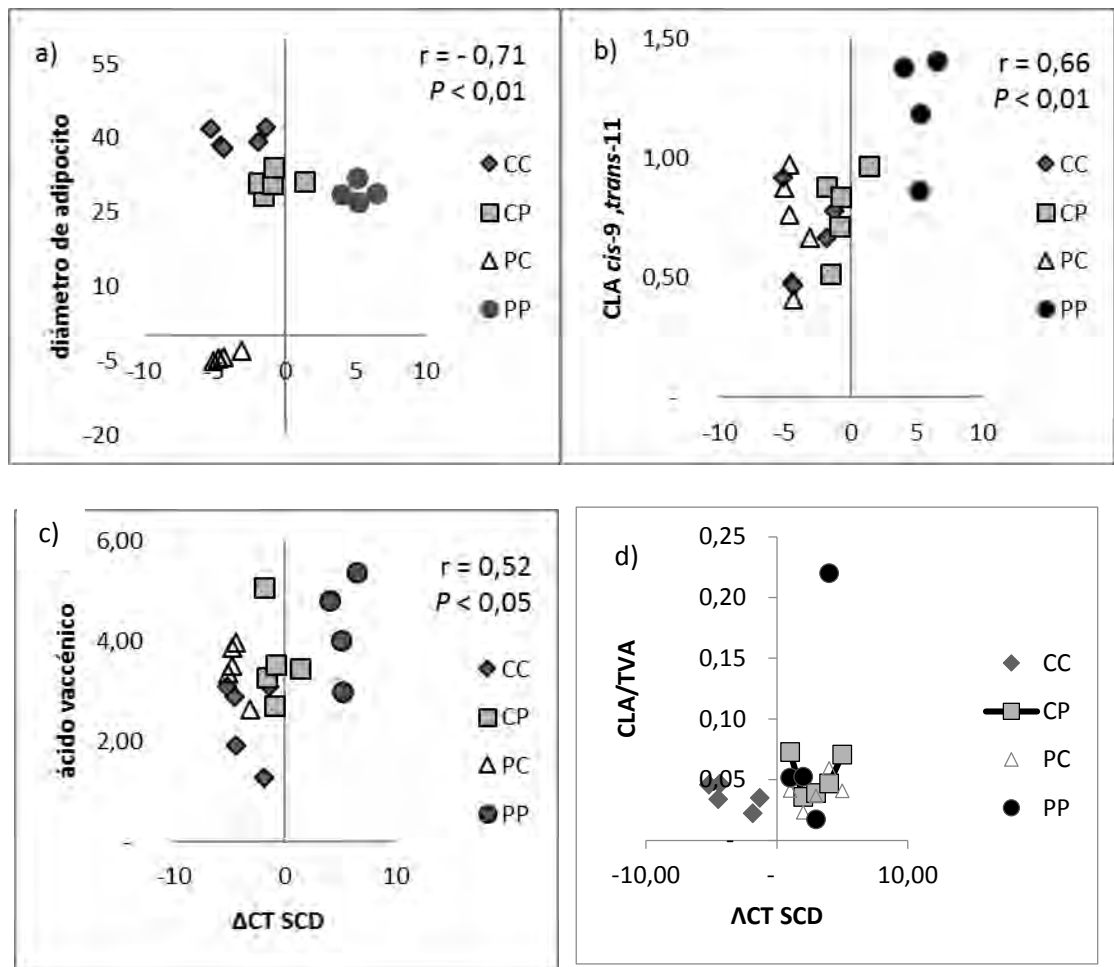


Figura 7. Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre: a) diámetro de adipocito y la expresión de mRNA de la SCD (Δ CT); b) CLA *cis-9, trans-11* y la expresión de mRNA de la SCD (Δ CT); c) ácido vaccénico y la expresión de mRNA de la SCD (Δ CT); d) relación CLA / TVA y la expresión de mRNA de la SCD (Δ CT) del tejido adiposo subcutáneo.

6. DISCUSIÓN

Según Savell y Crouse (1988) para garantizar al consumidor la palatabilidad de la carne es necesario alcanzar un mínimo de 3-4 % de grasa en el músculo. Dado que según Schor *et al.* (2008) el nivel de GIM de la carne proveniente de sistemas pastoriles en Argentina no llega a 3%, para garantizar su palatabilidad, este nivel debería incrementarse. El mayor nivel de marmoreo y EGD observado en el presente trabajo al utilizar una dieta con alto contenido de almidón (concentrado) en el período TER concuerda con lo observado por Colman *et al.* (1995), Sainz *et al.* (1995), Smith *et al.* (2000) y Martínez Ferrer *et al.* (2006). A su vez, los cambios generados por utilizar este tipo de dieta con respecto a una dieta pastoril en la composición de AG de la carne (mayor relación *n-6*: *n-3*, mayor proporción del ácido palmítico y AGMI, menor proporción de AGPI, TVA y CLA concuerda con lo observado por otros (Descalzo *et al.*, 2005; Daley *et al.*, 2010). Si bien, el EGD es aproximadamente la mitad al utilizar concentrados solo al IR respecto al utilizarlo solo en TER, no llega al mínimo necesario, 6 mm de espesor, para un buen descenso de temperatura en las cámaras (Savell *et al.*, 2005). Por lo tanto, si se utiliza una dieta con alto contenido de almidón al IR, habría que utilizar una suplementación energética en el período TER que no modifique el perfil de AG, para aumentar el EGD y como consecuencia también incrementar el nivel de marmoreo.

En concordancia con lo observado por Schoonmaker *et al.* (2003) y Retallick *et al.* (2010), los resultados indican que utilizar una dieta con alto contenido de almidón al IR permite incrementar el nivel de marmoreo de la carne. Esto se debería a que la utilización de este tipo de dietas en edades tempranas de los animales, estimularía la diferenciación del tejido adiposo intramuscular (Grauward *et al.*, 2010). Si bien según Du *et al.* (2013) este efecto se vería cuando se ofrecen dietas con alto contenido de almidón desde los 100 d a los 250 d de vida del animal; en el presente trabajo el incremento del nivel de marmoreo se observó en animales que recibieron la dieta con alto contenido de almidón a partir de los 7 meses de edad. La utilización de una dieta con alto contenido de almidón durante esta etapa no incrementaría el número de células de otros tejidos adiposos, pues éstos ya se habrían diferenciado (Du *et al.*, 2013). Dado que en TER el incremento de los tejidos adiposos se da por hipertrófia (Harper y Pethick 2004), el incremento dependerá de la cantidad de células diferenciadas en edades tempranas y de la deposición de lípidos, que según Zhang *et al.* (2015) es función de la concentración energética de la dieta. Así,

cuando se ofrecieron dietas con alto contenido de almidón tanto al IR como en TER aumentó tanto el nivel de marmoreo como el EGD respecto a su utilización solo en TER. En tanto que la utilización de dietas con alto contenido de almidón al IR permitió obtener un similar nivel de marmoreo, pero menor EGD que cuando se utilizó sólo en TER. El menor diámetro de los adipocitos subcutáneos de los animales terminados a pastura, respecto de los terminados con dietas con alto contenido de almidón, coincide con lo descrito en la revisión de Scollan *et al.* (2006) y pondría en evidencia la menor lipogénesis con dichas dietas. A su vez, la lipogénesis queda evidenciada tanto con la correlación positiva encontrada entre el diámetro de adipocito y el principal producto de la síntesis *de novo*, C16:0, como con la correlación negativa entre el diámetro de adipocito y la relación AGCL/AGPI. Una disminución de la proporción de AGCL relativo a los AGPI indicaría la dilución de las membranas de las células adiposas por el aumento de su tamaño por la acumulación de triglicéridos.

Es de destacar que en el presente trabajo y en los de Schoonmaker *et al.* (2003) y Retallick *et al.* (2010) los animales se faenaron a similar peso de faena. Dado que el tejido adiposo subcutáneo utiliza acetato como principal precursor lipogénico y el tejido adiposo intramuscular, propionato (Smith y Crouse, 1984) y es de desarrollo tardío (Du *et al.*, 2013), no sería posible aseverar que si los animales de CP se hubiesen faenado al mismo EGD que los animales de PC, el nivel de marmoreo sería superior en CP que en PC. Pordomingo *et al.* (2011) al finalizar el período de recría observaron que el contenido de lípidos totales en el músculo *Longissimus dorsi* aumentó conjuntamente con el aumento de la proporción de concentrados en la dieta. Sin embargo, dichas diferencias desaparecieron al faenar los animales a un similar nivel de terminación (visual), luego de un período variable de TER en pastura. En tanto que al terminar los animales a igual grado de terminación (EGD) pero con concentrados, Moisa *et al.* (2014) y Scheffler *et al.* (2014) observaron mayores niveles de marmoreo en los animales que recibieron concentrados a edades tempranas, mientras que Myers *et al.* (1999c) no encontraron mayor nivel de marmoreo pero sí un mayor número de carcasas tipo Choice.

En su trabajo Scheffler *et al.* (2014) propusieron cuatro mecanismos que llevan a incrementar el nivel de marmoreo al utilizar concentrados a edades tempranas: 1) mayor proliferación de pre-adipocitos, que se mantienen durante la etapa de pastoreo y que maduran durante TER con concentrados; 2) mayor generación de

células madres mesenquimáticas que se diferencian en adipocitos, 3) los animales habrían sido programados metabólicamente a responder más agresivamente a las señales hormonales o a usar de manera más eficiente los precursores y convertirlos en grasa, 4) la deposición de GIM sería simplemente función del consumo de energía independientemente del estado de crecimiento. Si bien en el presente trabajo se presume que el uso de concentrados a edad temprana estimularía el metabolismo lipogénico celular, se necesitan más estudios para aclarar las posibles razones.

La utilización de una dieta con alto contenido de almidón durante el IR no habría incrementado la diferenciación de células del tejido adiposo. Esto concuerda con lo observado por Yamada *et al.* (2009) y Moriel *et al.* (2014), que al igual que en el presente trabajo, no observaron diferencias en la expresión génica de dos reguladores de la diferenciación de adipocitos (PPAR- γ y el SREBP-1). El mayor EGD observado en CC respecto a PC, podría ser explicado como sugirieron Scheffler *et al.* (2014), por un incremento en la eficiencia del uso de propiónico al ofrecer una dieta con alto contenido de almidón al inicio de la recría. En los novillos asignados a CP no se observó un mayor EGD respecto a aquellos de PP, lo cual podría deberse a que la dieta almidonosa utilizada en TER, no habría generado mayores niveles de propiónico. A pesar que el principal precursor de la lipogénesis en el tejido adiposo subcutáneo es el acético (Smith y Crouse, 1984), el propiónico es necesario para generar el glicerol de los triglicéridos, además de estimular la secreción de insulina que promueve el anabolismo en las células (Chirino Esquivel *et al.*, 2010). Dado que la expresión de la $\Delta 9$ SCD es estimulada por la insulina (Bernardi *et al.*, 2004), la mayor expresión en los animales del tratamiento CP respecto a aquellos de PP, estaría indicando un mayor metabolismo insulino dependiente, a pesar de no haber diferencia en el EGD, por no haber una cantidad suficiente de precursores lipogénicos. En tanto que la menor expresión observada en los animales del tratamiento CC respecto a aquellos de PC, podría ser atribuida a la generación de resistencia a la insulina por el uso prolongado de dietas con altos niveles de almidón, como se observó en humanos (Forcheron *et al.*, 2002). Chirino Esquivel *et al.*, (2010) observaron un incremento del tejido adiposo subcutáneo en individuos que presentaban resistencia a la insulina.

En líneas generales el perfil de AG del m. *Longissimus dorsi* del presente trabajo, se encuentra dentro de los rangos reportados en la literatura, ya sea para animales

terminados con dietas a base de forraje como para aquellos terminados con dietas a base de concentrados (Nuernberg *et al.*, 2005; Daley *et al.*, 2010; Pordomingo *et al.*, 2011; Pavan y Duckett, 2012).

Diferentes trabajos han demostrado, en concordancia con los resultados del presente trabajo, que la utilización de dietas con alto contenido de almidón tanto en TER (Descalzo *et al.*, 2005) como al destete (Pordomingo *et al.*, 2011) disminuyeron la proporción de TVA y CLA en los lípidos totales con respecto a la utilización de dietas pastoriles. Los resultados del presente trabajo sugieren que la dieta de TER sería más determinante en la proporción de CLA encontrada en la GIM. Si bien se obtuvo una mayor proporción de CLA en CP que en PC, no ocurrió por un incremento en la expresión de la SCD, sino por una mayor disponibilidad del precursor durante la TER a pastura. Pues, la relación CLA: TVA, indicador de la actividad de la desaturasa (Turk y Smith, 2009), fue similar entre los distintos tratamientos dietarios. Esto indicaría que la alimentación con dietas con alto contenido de almidón al destete no estimuló la desaturación de TVA a CLA. La alta correlación ($r = 0,67$, $P < 0,01$) entre el contenido de CLA en el músculo y en la grasa subcutánea (Tabla 8), estaría indicando que si el tratamiento afectó la actividad de la enzima en un tejido, lo afectó de igual manera en el otro, como lo sugirieron Pavan y Duckett (2012) con distintos músculos. En concordancia con esto, la mayor expresión de la SCD observada en la GS de los animales asignados a CP respecto a la de los animales del tratamiento PP tampoco se reflejó en una mayor relación CLA: TVA en este tejido.

La relación $n-6$: $n-3$, en todos los tratamientos, fue menor al máximo recomendado por la Organización Mundial de la Salud en el 2003 (Simopoulos, 2008). Contrariamente a lo esperado, la relación $n-6$: $n-3$ entre CP y PC fue similar. Esto podría deberse a que si bien los animales tuvieron similar período de alimentación con dietas con alto contenido de almidón, tuvieron diferentes calidades de los forrajes consumidos en ambos tratamientos. Durante el período de pastoreo del tratamiento PC (fin de otoño a inicio de primavera) la relación $n-6$: $n-3$ en las pasturas habría sido mayor que durante el pastoreo del grupo CP (fin de invierno a principio de otoño) (Dewhurst *et al.*, 2001).

Las altas correlaciones entre el tejido adiposo subcutáneo y el tejido muscular de la relación $n-6$: $n-3$ ($r = 0,79$, $P < 0,01$), las proporciones de CLA ($r = 0,67$, $P < 0,01$) y TVA ($r = 0,48$, $P < 0,01$, Tabla 8) coinciden con lo observado por Pavan y Duckett

(2012) al comparar distintos músculos de animales en pastoreo. Si bien, dichas variables son altamente dependientes de las características de la dieta, en el presente trabajo se obtuvieron altas correlaciones variando la dieta y el momento de utilización de la misma. Por ello, la relación $n-6$: $n-3$, las proporciones de CLA y TVA medidas en el tejido adiposo subcutáneo nos brindarían una herramienta útil para ver el efecto de diversos tratamientos dietarios en el músculo sin afectarlas negativamente.

En líneas generales el perfil de AG de la GS se encuentra dentro de los rangos reportados en la literatura (Enser *et al.*, 2006; Duckett *et al.*, 2009; Brooks *et al.*, 2011). Según los trabajos de Duckett *et al.* (2009) la incorporación de concentrado en la dieta de TER incrementó el contenido del ácido oleico y por lo tanto el contenido de AGMI. Sin embargo, en el presente trabajo, la concentración de AGMI del tejido adiposo subcutáneo fue similar en todos los tratamientos. Esto podría deberse a un efecto de dilución, ya que al utilizar una dieta con alto contenido de almidón en TER que aumenta el EGD. En concordancia a los trabajos de French *et al.* (2000); Realini *et al.* (2004b) y Faucitano *et al.* (2008), el uso de concentrados en la dieta disminuyó el contenido de CLA. Los valores obtenidos en el tejido adiposo subcutáneo de TVA y CLA *cis-9*, *trans-11*, junto a los resultados que se obtuvieron de la expresión génica de la SCD, indicarían que la conversión de ácido vaccénico a CLA *cis-9*, *trans-11* fue limitada por su sustrato y no por la expresión génica de la enzima, al igual que concluyeron Duckett *et al.* (2009b).

Según Scollan *et al.* (2006), el consumidor está cada vez más interesado en un producto saludable. Una porción de carne de los animales que consumieron concentrados en TER respecto a los que no lo consumieron (Tabla 6), a pesar de que proveen mayor contenido de AGMI, también aportan una mayor cantidad de ácidos grasos totales y ácidos grasos no deseados para la salud, C14:0, C16:0, AGS y AGPI $n-6$, junto a un menor contenido de AGPI $n-3$. A su vez, observando las correlaciones positivas y negativas entre el contenido de ácidos grasos totales del músculo *Longissimus dorsi* con los ácidos grasos individuales (Tabla 8), al aumentar el contenido de GIM aumentan los AGS totales en especial los hipercolesterolémicos como el ácido mirístico y el ácido palmítico, por lo tanto se estaría aumentando la síntesis *de novo* de AG, lo que conlleva a disminuir el contenido de CLA y AGPI $n-3$ por dilución de los mismos.

7. CONCLUSIONES

La incorporación de una dieta con alto contenido de almidón durante el IR en conjunto con una TER con pastura (CP) respecto a una dieta en base a pastura al IR y una dieta con alto contenido de almidón en TER (PC), permitió obtener similar cantidad de GIM, similar nivel de marmoreo y menor EGD, aceptándose la hipótesis 1-a y 1-b. Tanto en el m. *Longissimus dorsi* como en la grasa subcutánea se obtuvo una similar relación $n-6$: $n-3$ rechazándose la hipótesis 1-c. En el m. *Longissimus dorsi* la proporción de CLA *cis-9*, *trans-11* fue mayor en CP que en PC mientras que en la grasa subcutánea fue similar por lo tanto se rechaza la hipótesis 1-d.

La utilización de una dieta con alto contenido de almidón respecto a la utilización de pastura al IR en el tejido adiposo subcutáneo no produjo una mayor hiperplasia, rechazándose la hipótesis 2-a. Cuando se utiliza esta dieta respecto a la utilización de pastura en TER se produjo un aumento de hipertrófia, aceptándose la hipótesis 2-b.

La utilización de concentrado solo en IR incrementa la expresión génica de la SCD respecto a la no utilización del mismo. A su vez, éste incremento es mayor cuando el concentrado se ofrece en TER o en ambos períodos, por lo tanto se acepta la hipótesis 3.

Por todo lo anterior, se concluye que la utilización de una dieta con alto contenido de almidón en animales sólo al IR respecto a la utilización de la misma sólo en TER, logró menor EGD, un mismo nivel de marmoreo, una similar relación $n-6$: $n-3$ y, mayor proporción de CLA *cis-9* *trans-11* y menor proporción de, ácido mirístico y ácido palmítico en el músculo *Longissimus dorsi*.

8. BIBLIOGRAFIA

- BIESALSKI, H.K. 2005. Meats as a component of a healthy diet are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?. *Meat Science*.70: 509-524.
- BERNARDI, G.; VANCE, D.E.; VANCE, J.E. 2004. *Biochemistry of lipids, lipoproteins and membranes 4ta edición*. Elsevier. Paris .191p.
- BROOKS, M.A; CHOI, C.W; LUNT, D.K; KAWACHI, H; SMITH, S.B. 2011. Subcutaneous and intramuscular adipose tissue stearoyl-coenzyme A desaturase gene expression and fatty acid composition in calf- and yearling-fed Angus steers. *American Society of Animal Science*. 89: 2556-2570.
- CHIRINO ESQUIVEL, C.C.; SOTO ESQUIVEL, J.; GARCIA LUNA, J.M. ; GONZALES RUBIO, J.M.; MADRIGAL SANTILLAN, E.O.; MORALES GONZALES, J.A. 2010. Fisiología del tejido. *Obesidad. Un enfoque multidisciplinario* 3: 33-41.
- CHURCH, D.C.1988. *The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition*. Prentice Hall, Englewood Cliffs. NJ. pp 401-402.
- COLMAN, S.W.; GALLAVAN, R.H.; WILLIAMS, C.B.; PHILIPS, W.A.; VOLESKY, J.D.; RODRIGUEZ, S.; BENNETT, G.L.1995. Silage or limit-fed grain growing diets for steers: I. Growth and carcass quality. *Journal of Animal Science* 73: 2609-2620.
- DALEY, C.A.; ABBOTT, A.; DOYLE, P.S; NADER, G.A.; LARSON, S. 2010. A review of fatty acid profile and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal* 9: 10-21.
- DANNENBERGER, D.; NUERNBERG, G.; SCOLLAN, N.; SCHABELL, W.; STEINHART, H.; ENDER, K. 2004. Effect of diet on the deposition of n-3 fatty acids, conjugated linoleic and C18:2 trans fatty acid isomers in muscle lipid of German Holstein bulls. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 52: 6607-6615.
- DE LA TORRE, A.; DEBITON, E.; JUANEDA, P.; DURAND, D; CHARDIGNY, J.M.; BARTHOMEUF, C. 2006. Beef conjugated linoleic acid isomers reduce human cancer cell growth even associated with other beef fatty acid. *British Journal of Nutrition*. 95: 346-352.
- DESCALZO, A.M.; INSANI, E.M.; BIOLATTO, A.; SANCHO, A.M.; GARCÍA, P.T.; PENSEL, N.A. 2005. Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Science* 70: 35-44.
- DEWHURST, R.J.; SCOLLAN, N.D.; YOUELL, S.J.; TWEED, J.K.S.; HUMPHREYS, M.O. 2001. Influence of species, cutting date, and cutting interval on fatty acid composition of grasses. *Grass Forage Science* 56: 68–74.
- DU, M.; HUANG, Y.; DAS, A.K.; YANG, Q.; DUARTE, M.S.; DODSON, M.V.; ZHU, M.J. 2013. Meat Science and Muscle Biology Symposium: Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. *Journal of Animal Science* 91: 1419-1427.

- DUCKETT, S.K.; NEEL, J.P.S.; FONTENOT, J.P.; CLAPHAM W.M. 2009. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin, and cholesterol content. *Journal of Animal Science*. 87:2961–2970.
- DUCKETT, S.K.; PRATT S.L.; PAVAN E. 2009. Corn oil or corn grain supplementation to steers grazing endophyte-free tall fescue. II. Effects on subcutaneous fatty acid content and lipogenic gene. *Journal of Animal Science* 87:2961–2970.
- EMERSON, M.R.; WOERNER, D.R.; BELK, K.E.; TATUM, J.D. 2013. Effectiveness of USDA instrument-based marbling measurements for categorizing beef carcasses according to differences in longissimus muscle sensory attributes. *Journal of Animal Science* 91: 1024-1034.
- ENSER, M.; SCOLLAN, N.D.; LEE, M.R.F.; OUGHAM, H.J.; HUMPHREY, M.O. 2003. Forage feeding and management to increase the beneficial fatty acid content to ruminant products. *Proceedings Nutrition Society* 62(2): 329-336.
- FAJAS, L.; DEBRIL M.B.; AUWERX, J. 2001. Peroxisome proliferator-activated receptor-gamma: From adipogenesis to carcinogenesis. *Journal of Molecular Endocrinology* 27: 1-9.
- FAUCITANO, L.; CHOUINARD, L.P.; FORTIN, J.; MANDELL, I.B.; LAFRENIERE, C.L.; GIRARD, C.; BERTHIAUME, R. 2008. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 2. Meat quality, fatty acid composition, and overall palatability. *Journal of Animal Science* 86: 1678–1689.
- FAO. 2003. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [En línea] <http://www.fao.org/home/es> [Consulta: 10 de Mayo de 2016]
- FLUHARTY, F.L.; LOERCH, S.C.; TURNER, T.B.; MOELLER, S.J.; LOWE, G.D. 2000. Effects of weaning age and diet on growth and carcass characteristics in steers. *Journal of Animal Science* 78: 1759–1767
- FRENCH, P.C.; STANTON, C.; LAWLESS, F.; O'RIOEDAN, G.; MONAHAN, F.J.; CAFFREY, P.J. 2000. Fatty acids composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate-based diet. *Journal of Animal Science* 78: 2849-2855.
- FORCHENNON, F.; CACHEFO, A.;THEVENON, S.; PINTEUR, C.; BEYLOT, M. 2002. Mechanisms of the triglyceride- and cholesterol-lowering effect of fenofibrate in hyperlipidemic type 2 diabetic patients. *Diabetes*. 51:3486–3491 <https://doi.org/10.2337/diabetes.51.12.3486>
- GARCÍA, P. 2007. La grasa de la carne. IPCVA, Buenos Aires. Cuadernillo Técnico. N° 4 7p.
- GRAUGNARD, D.E.; PIANTONI, P.; BIONAZ, M.; BERGER, L.L.; FAULKNER, D.B.; LOOR, J.J. 2009. Adipogenic and energy metabolism gene networks in longissimus lumborum during rapid post-weaning growth in Angus and Angus x Simmental cattle fed high-starch or low-starch diets. *BMC Genomics* 10: 142-156.

- GRAUGNARD, D.E.; BERGER, L.L.; FULKNER, D.B., LOOR, J.J. 2010. High- starch diets induce precocious adipogenic gene network up-regulation in Longissimus lumborum of early weaning Angus cattle. *British Journal of Nutrition* 103: 953-963.
- HARPER, G.S.; PETHICK, D.W. 2004. How might marbling begin?. *Australian Journal of Agriculture and Food Chemistry* 37: 75-81.
- HAUSMAN, D.B.; DIGIROLAMO, B.M.; BARTNESS, T.J.; HAUSMAN, G.J.; MARTIN, R.J. 2001. The biology of white adipocyte proliferation. *Obesidad Review* 2: 239-254.
- HONG, S.K.; LEE, S.H.; CHO, W.M.; LEE, I.H.; PERRY, D.; THOMPSON, J.M. 2008. Does restricted feeding affect development of intramuscular fat across the musculature in Hanwoo carcasses? In: *Proc, 10th World Conf. Anim. Prod. Cape Town, South Africa*. 50 p.
- HOOD, R.L.; ALLEN, C.E. 1973. Cellularity of bovine adipose tissue. *Journal of Lipid Research* 14: 605-610.
- IPCVA. 2008. Ganadería y compromiso. [En línea]<<http://www.ipcva.com/news42.htm>> [Consulta:15 de Mayo 2016].
- JACKOBSEN, C.; HARTVIGSEN, K.; LUND, P.; MEYER, A.S.; ADLER-NISSEN, J.; HOLSTBORG, J.; HOER, G., 1999. Dietary modifications of animal fats: status and future perspectives. *Lipid*. 101: 475-483.
- JENKINS, T.C.; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J.; MOSLEY, E.E. 2008. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science* 86: 397-412.
- KENNETH, J.L.; SCHMITTGEN, T.D. 2001. Analysis of relative gene expression data using real time quantitative PCR and the 2- $\Delta\Delta C_t$ method. *Methods* 25: 402-408.
- LATIMORI, N.J.; KLOSTER, A.M.; GARCÍA, P.T.; CARDUZA, F.J.; GIGIONI, G.; PENSEL, N.A. 2008. Diet and genotype effects on the quality index of beef produced in the Argentine Pampean region. *Meat Science* 79: 463-469.
- LEHNERT, S.A.; YANG, Y.H.; TAN, S.H.; REVERTER, A. 2007. Gene expression-based approaches to beef quality research. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46: 165-172. doi:10.1071/EA05226.
- LE NOU EL, Ch; MARAJO-PETITZON, FUMAS, P.; MANCERON, S.; LEVERT, F.; SCHMITT, B.; GUYOMARDT, H. 2015. How to feed the world: Is reducing meat consumption part of the solution? En: *ICoMST2015, August 23-28, Clermont-Ferrand* [en línea] <https://colloque.inra.fr/icomst2015/Program> [consulta: enero 2016]
- LUCERO-BORJA, J.; POUZO, L.B.; DE LA TORRE, M.S.; LANGMAN, L.; CARDUZA, F.; CORVA, P.M.; SANTINI, F.J.; PAVAN, E. 2014. Slaughter weight, sex and age effects on beef shear force and tenderness. *Livestock Science* 163: 140-149.
- MARTINEZ FERRER, J.; USTARROZ, E.; FERRAYOLI, C.G.; TURCO, M. 2006. Respuesta animal y composición de ácidos grasos de la carne de novillos

- alimentados con diferentes dietas. *Revista Argentina de Producción Animal* 26 (supl1): 27-28.
- MCKIERNAN, W.A.; WILKINS, J.F.; IRWIN, J.; ORCHARD, B.; BARWICK S.A. 2009. Performance of steer progeny of sires differing in genetic potential for fatness and meat yield following post-weaning growth at different rates: 2. Carcass traits. *Animal Production Science* 49: 525–534.
- MOISA, S.J.; SHIKE, D.W.; FAULKNER, D.B.; METEER, W.T.; KEISER, D.; LOOR, J.J. 2014. Central role of the PPAR γ gene network in coordinating beef cattle Intramuscular adipogenesis in response to weaning age and nutrition. *Gene Regulation and Systems Biology* 8: 17-32.
- MORIEL, P.; JOHNSON, S.E.; VENDRAMINI, J.M.B.; MCCANN, M.A.; GERRARD, D.E.; MERCADANTE, R.G.; HERSOM, M.J.; ARTHINGTON, J.D. 2014. Effects of calf weaning age and subsequent management systems on growth performance and carcass characteristics of beef steers. *Journal of Animal Science* 92: 3598-3609.
- MYERS, S.E.; FAULKNER, D.B.; NASH, T.G.; BERGER, L.L.; PARRETT, D.F.; MCKEITH, F.K. 1999. Performance and carcass traits of early-weaned steers receiving either a pasture growing period or a finishing diet at weaning. *Journal of Animal Science* 77: 311-322.
- NUERNBERG, K.; DANNENBERGER, D.; NUERNBERG, G.; ENDER, K.; VOIGT, J.; SCOLLAN, N. 2005. Effects of grass vs. concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acids composition on longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science* 94: 509-518.
- PARK, P.; GOINS, R.E. 1994. In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid composition in food. *Journal of Food Science* 59: 1262–1266.
- PAVAN, E., DUCKETT, S.K. 2012. Fatty acid composition and interrelationships among eight retail cuts of grass-feed beef. *Meat Science* 92: 324-239
- PLATTER W.J.; TATUM, J.D.; BELK, E.K.; KOONTZ, S.R.; CHAPMAN, P.L.; SMITH, G.C. 2005. Effects of marbling and shear force on consumers' willingness to pay for beef strip loin steaks. *Journal of Animal Science* 83: 890-899.
- PORDOMINGO, A.J.; GARCÍA, T.P.; VOLPI LAGTRECA, G. 2011. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: II. Longissimus muscle proximate composition, cholesterol and fatty acids. *Meat Science* 90: 947-955.
- PORDOMINGO, A.J.; GRIGIONI, G.; CARDUZA, F.; VOLPI LAGRECA, G. 2011. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. Animal performance, carcass and meat quality. *Meat Science* 90: 939-946.
- REALINI, C.E.; DUCKETT, S.K.; BRITO, G.W.; DALLA RIZZA, M.; DE MATTOS, D. 2004b. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science* 66: 567–577.

- RETALLICK, K.R.; FAULKNER, D.B.; SHIKE, D.W.; PARRETT, D.F.; BERGER, L.L.; DAHLQUIST, J.; NASH, T.G. 2010. Effects of source of energy on performance, ultrasonic, carcass, and economic characteristics of early-weaned steers. *The Professional Animal Scientist* 26: 474-483.
- ROBELLIN, J. 1986. Growth of adipose tissue in cattle: Partitioning between depots, chemical composition and cellularity. *Livestock Production Science* 14: 349-364.
- ROBINSON, D.L.; ODDY, V.H.; DICKER, R.W.; MCPHEE, M.J. 2001. Post-weaning growth of cattle in northern New South Wales 3. Carry-over effects on finishing, carcass characteristics and intramuscular fat. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 1041-1049.
- ROSSO, O.; GARCÍA, P.T.; MACHADO, C. 1998. Modelos experimentales de engorde de novillo y su efecto sobre la ganancia de peso, parámetros sanguíneos, calidad de res y niveles de grasa intramuscular y colesterol en carne. INTA EEA Balcarce. Informe Técnico Carta Acuerdo INTA - AACREA - Fac.Vet. UNC. Argentina N° 1 3p.
- ROWE, J.B.; CHOCT, M.; PETHICK, D.W. 1999. Processing cereal grain for animal feeding. *Australian Journal of Agricultural Research* 50: 721-736. doi:10.1071/AR98163,
- SAINZ, R.D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J.W. 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refeed beef steer. *Journal of Animal Science* 73: 2971-2979.
- SAVELL, J.W.; CROUSE, H.R. 1988. The role of fat in the palatability of beef pork and lamb. Committee on Technological Options to improve the Nutritional Attributes of Animal Products. Designing food: Animal Product Option in the Market place Nutritional Academies Press. Washington D.C. pp 345-355.
- SAVELL, J. W.; MUELLER, S.M., BAIRD, B.E. 2005. The chilling of carcasses. *Meat Science*. 70: 449-459.
- SAS. 1999. Users Guide: Statistics (Version 8). SAS Inst. Inc. Cary, NC.
- SCHEFFLER, J.M.; MCCANN, M.A.; GREINER, P.S.; JIANG, H.; HANIGAN, M.D.; BRIDGES, A.; LAKE, L.S.; GERRARD, D.E. 2014. Early metabolic imprinting events increase marbling scores in fed cattle. *Journal of Animal Science* 92: 320-324.
- SCHOONMARKER, J.P.; CACAVAL, M.J.; FAULKNER, D.B.; FLUHARTY, F.L.; ZERBY, H.N.; LOERCH, S.C. 2003. Effect of source of energy and rate of growth on performance, carcass characteristics, ruminal fermentation, and serum glucose and insulin of early-weaned steers. *Journal of Animal Science* 81: 843-855.
- SCHOONMARKER, J.P.; FLUHARTY, F.L.; LOERCH, S.C. 2004. Effect of source and amount of energy and rate of growth in the growing phase on adipocyte cellularity and lipogenic enzyme activity in the intramuscular and subcutaneous fat depots of Holstein steers. *Journal of Animal Science* 82: 137-148.

- SCHOR, A.; COSSU, M.E.; PICALLO, A.; MARTINEZ FERRER, J.; GRIGERA NAÓN, J.J.; COLOMBATTO, D. 2008. Nutritional and eating quality of Argentinean beef: A review. *Meat Science* 79: 408-422.
- SCOLLAN, N.D.; CHOI, N.J.; KURT, E.; FISHER, A.V.; ENSER, M.; WOOD, J.D. 2001. Manipulating of fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition* 85: 115-124.
- SCOLLAN, N.D.; COSTA, P.; HALLET, K.G.; NUTE, G.R.; WORD, J.D.; RICHARDSON, R. I. 2006. The fatty acid composition of muscle fat and relationship to meat quality in Charolais steers: influence of level of red clover in the diet. In *Proceedings of the British Society of Animal Science* 23 p.
- SIMOPOULOS, A. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic disease. *Experimental Biology and Medicine* 233: 674-688.
- SMITH, S.B.; CROUSE, J.D. 1984. Relative contributions of acetate, lactate, and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *Journal of Nutrition* 114: 792-800.
- SMITH, S.B.; LUNT, D.K.; Zembayashi. 2000. Intramuscular fat deposition: The physiological process and the potential for its manipulation. In: *Plant Nutrition Council Spring Conference*. San Antonio, Texas A&M Research and Extension Center. Amarillo. TX, pp,1-12.
- THE CATTLE SITE. 2014. Effects of the 60-d window around the time of weaning on subsequent quality grade and eating quality of beef, [en línea], <<http://www.thecattlesite.com/articles/4018/effects-of-the-60d-window-around-the-time-of-weaning-on-subsequent-quality-grade-and-eating-quality-of-beef/#sthash,NtnnXSyT,dpuf>> [consulta: 14 agosto 2014].
- TURK, S.N.; SMITH, S.B. 2009. Carcass fatty acid mapping. *Meat Science* 81(4): 658-663.
- USDA. 2006. Official United State standards for grades of carcass beef, Agricultural Marketing Service. USDA. Washington DC.p 1-4
- UTRERA, A.R.; VAN VLECK, L.D. 2004. Heritability estimates for carcass traits of cattle: a review. *Genetics and Molecular Research* 3: 380-394.
- ULBRITCH, T.L.V.; SOUTHGATE, D.A.T. 1991. Coronary heart disease: Seven dietary factors. *Lancet* 338: 985-992.
- WANG, Y.H.; BYRNE, K.; REVERTER, A.; HARPER, G.S.; TANIGUACHI, M.; MCWILLIAMS, S.M. 2005. Transcriptional profiling of skeletal muscle tissue from two breeds of cattle. *Mammalian Genome* 16: 201-210.
- WARREN, H.E.; SCOLLAN, N.D.; NUTE, G.R.; HUGHES, S.I.; WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I. 2007. Effect of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality.II. Meat stability and flavor. *Meat Science* 78 (3): 270-278. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.007>

- WHO. 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of joint WHO/FAO expert consultation [en linea] WHO Technical Report Series N° 916 < <http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/trs916/download/en/>> [consulta : Diciembre 2013]
- WILLAMSON, C.S.; FOSTER, R.K.; STANNER, S.A.; BUTTRISS, J.L. 2005. Red meat in the diet. British Nutrition Foundation. Nutrition Bulletin. 30: 323-335.
- WOOD, J.D. 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In: Wiseman, J. Fat in animals nutrition. Butterworths, Londres pp. 407-435.
- WOOD, J.; RICHARDSON, R.; NUTE, G.; FISHER, A.; CAMPO, M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.; ENSER, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. Meat Science 66:21-32.
- YAMADA, T.; KAWAKAMI, S.I.; NAKANISHI, N. 2009. Effects of dietary roughage levels on the expression of adipogenic transcription factors in Wagyu steer. Meat Science 83: 775-781.
- YAMADA, T.; NAKANISHI, N. 2012. Effects of the roughage/concentrate ratio on the expression of angiogenic growth factors in adipose tissue of fattening Wagyu steers. Meat Science 90: 807-813.
- ZHANG, H.; ZHANG,X.; WANG,Z.; DONG,X.; TAN,X.; ZOU,X.; PENG,Q.; XUE, B.; WANG, L.; DONG, G. 2015. Effects of dietary energy level on lipid metabolism-related gene expression in subcutaneous adipose tissue of Yellow breed × Simmental cattle. Animal Science Journal 86: 392-400.