



Corpoica. Ciencia y Tecnología
Agropecuaria

ISSN: 0122-8706

revista_corpoica@corpoica.org.co

Corporación Colombiana de Investigación
Agropecuaria
Colombia

Mojica-Rodríguez, José Edwin; Castro-Rincón, Edwin; Carulla-Fornaguera, Juan;
Lascano-Aguilar, Carlos Eduardo

Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos grasos en gramíneas tropicales
Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, vol. 18, núm. 2, mayo-agosto, 2017, pp.
217-232

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Cundinamarca, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449950875001>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos grasos en gramíneas tropicales

Effect of stage of maturity on fatty acid profile in tropical grasses

Efeito de idade de rebrote sobre o perfil de ácidos graxos em gramíneas tropicais

José Edwin Mojica-Rodríguez,¹ Edwin Castro-Rincón,² Juan Carulla-Fornaguera,³ Carlos Eduardo Lascano-Aguilar⁴

¹ MSc, Universidad Nacional de Colombia. Investigador máster, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Agustín Codazzi, Colombia. jmojica@corpoica.org.co

² PhD, Universidad Nacional de Colombia. Investigador PhD, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Pasto, Colombia. ecastro@corpoica.org.co

³ PhD, University of Nebraska. Docente, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. jecarullaf@unal.edu.co

⁴ PhD, Texas A&M University System. Investigador emérito, Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Bogotá, Colombia. c.lascano@cgiar.org.co

Fecha de recepción: 15/06/2016

Fecha de aceptación: 04/12/2016

Para citar este artículo: Mojica-Rodríguez JE, Castro-Rincón E, Carulla-Fornaguera J, Lascano-Aguilar CE. 2017. Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos grasos en gramíneas tropicales. Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria. 18(2):217-232

DOI: http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:623

Resumen

Se evaluó el efecto de tres edades de rebrote (tres, seis y nueve semanas) sobre la producción de forraje, calidad nutricional y perfil de ácidos grasos en gramíneas de pastoreo (diez cultivares y un híbrido) y en gramíneas de corte (cuatro cultivares). Se utilizó un diseño de parcelas divididas con bloques al azar, cuya parcela principal fue la especie forrajera y la subparcela, la edad de rebrote. Los ácidos grasos predominantes presentes en las gramíneas de corte y pastoreo fueron el palmítico (C16:0), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3). La concentración de ácidos grasos en el forraje fue afectada por

el estado de madurez en las gramíneas de pastoreo y de corte, pero los efectos no fueron similares en todas las especies. Con excepción del pasto *M. maximus* cv. Tanzania, que presentó un mayor contenido de precursores de ácido linoleico conjugado, las demás especies presentaron contenidos similares de precursores, lo que sugiere que el uso de estas en la alimentación de bovinos en sistemas de doble propósito resultaría en concentraciones similares de ácido linoleico conjugado c9 t11 en la grasa de la leche.

Palabras clave: ácidos grasos, alimentación de los animales, gramíneas forrajeras, rumiantes

Abstract

The effect of three stages of maturity (three, six and nine weeks) on forage yield, nutritional quality and fatty acid profile were evaluated in pasture grasses (ten cultivars and one hybrid) and in cut and carry grasses (four cultivars). A replicated split plot design was used, in which the forage species was the main plot and the stage of maturity the subplot. The principal fatty acids present in the grasses were palmitic acid (C16:0), linoleic acid (C18:2) and linolenic acid (C18:3). The fatty acid concentration

in grass tissue was affected by stage of maturity in pasture and cut-and-carry grasses, but the effects were not the same for all species. With the exception of *M. maximus* cv. Tanzania that exhibited a higher content of conjugated linoleic acid precursors, all other species had similar content of precursors, suggesting that the use of these species in dual purpose cattle systems would result in similar concentration of conjugated linoleic acid c9 t11 in milk fat.

Key words: Fatty acids, Animal feeding, Feed grasses, Ruminants

Resumo

Avaliou-se o efeito de três idades de rebrote (três, seis e nove semanas) sobre a produção de forragem, qualidade nutricional e o perfil de ácidos graxos em gramíneas para pastoreio (dez cultivares e um híbrido) e em gramíneas de corte (quatro cultivares). Utilizou-se um desenho em parcelas subdivididas com um delineamento em blocos ao acaso em que a parcela principal foi a espécie forrageira, e a subparcela foi a idade do rebrote. Os ácidos graxos predominantes presentes nas gramíneas de corte e pastoreio foram o palmítico (C16:0), linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3). A concentração de

ácidos graxos na forragem foi afetada pelo estado de maturidade em gramíneas de pastagem e de corte, mas os efeitos não eram os mesmos em todas as espécies. Com exceção do capim Tanzânia que apresentou maior conteúdo de precursores de ácido linoleico conjugado, as demais espécies apresentaram conteúdos similares de precursores, o que sugere que o uso dessas espécies na alimentação de bovinos em sistemas de dupla aptidão resultaria em concentrações similares de ácido linoleico conjugado c9 t11 na gordura do leite.

Palavras chaves: ácidos graxos, alimentos para animais, gramíneas forrageiras, ruminantes.

Introducción

Las gramíneas (Poaceae) constituyen la base de la alimentación de los rumiantes en el sistema de producción bovino de doble propósito en el trópico seco de Colombia. La composición de los ácidos grasos (AG) en gramíneas tiene especial importancia por su efecto sobre el perfil lipídico en la carne y la leche de los rumiantes (Dhiman et al. 1999; White et al. 2001; Ward et al. 2003; Loor et al. 2003; Shingfield et al. 2013). En humanos, la grasa de la leche ha sido relacionada con problemas de salud, especialmente, con enfermedades coronarias, niveles altos de lipoproteínas de baja densidad (LDL) y arteriosclerosis, debido a su contenido alto de ácidos grasos saturados (70%) y al contenido bajo de ácidos grasos insaturados (30%) (Jensen 2002). Sin embargo, se ha comprobado que ciertos ácidos grasos en la leche (vaccénico, linoleico y linolénico) tienen efectos benéficos en la salud humana. El ácido linoleico conjugado (ALC) se ha relacionado con actividad anticarcinogénica y propiedades antidiabetogénicas, antiadipogénicas y antiteratogénicas (Pariza y Hargreaves 1985; Ip et al. 1999; Belury 2002).

El ácido linoleico conjugado (ALC) es producido por la biohidrogenación incompleta en el rumen del ácido linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3) presentes en los alimentos. El aporte de sustratos por medio del alimento es una manera de incrementar los precursores de ALC en leche y carne (Dhiman et al. 1999). El uso de forrajes como principal fuente de alimento genera una mayor concentración de ácidos grasos poliinsaturados en la leche en comparación con sistemas de alimentación basados en concentrados (Ellis et al. 2006). En lecherías especializadas de Colombia, el contenido de ácidos grasos poliinsaturados en la leche de vacas que pastorean pasto Kikuyo *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone es alto, debido a que esta gramínea es una fuente rica en ácido linolénico (C18:3) y linoleico (C18:2) (Dewhurst et al. 2006; Rico et al. 2007; Pabón y Carulla 2008; Aguilar et al. 2009).

La composición de ácidos grasos en forrajes se modifica por diversos factores, entre los cuales se

encuentran la especie, la época del año, la edad de rebrote, la fertilización nitrogenada, la intensidad de la luz y la temperatura ambiental (Chilliard et al. 2001; Boufaied et al. 2003; Elgersma et al. 2004; Váradová et al. 2008; Glasser et al. 2013).

El perfil de ácidos grasos del forraje (hojas y tallos) en gramíneas de zonas templadas se modifica en función de la especie. Por ejemplo, en el pasto Kikuyo se han reportado concentraciones de ácido linolénico entre el 15 % y 40 %, comparado con 55 % a 65 % en el pasto Ryegrass (*Lolium* sp.) (Chilliard et al. 2001). En otros estudios, el pasto Ryegrass presentó la mayor concentración de ácido linolénico (61 %), seguido por el pasto Festuca (55,9 %), el Azul orchoro (51,8 %) y el Timothy (49,9 %) (Glasser et al. 2013). También se han reportado diferencias en las proporciones de ácido linoleico y linolénico (C18:3) en los AG de 12 variedades de Ryegrass (Gilliland et al. 2002).

La edad de rebrote también modifica el perfil de los ácidos grasos en el forraje (hojas y tallos) de gramíneas de zonas templadas (Chilliard et al. 2001; Dewhurst et al. 2001). En el Reino Unido, Dewhurst et al. (2001) encontraron que al aumentar la edad de rebrote de 20 a 38 días en tres variedades de Ryegrass, se produjo un descenso en la concentración de los ácidos grasos, principalmente, el linoleico y linolénico. En un estudio en Canadá, se encontró que una menor edad de rebrote del forraje en oferta en pasturas de *Phleum pratense* L., estuvo asociada con aumentos en la concentración del ácido linoleico y linolénico (Boufaied et al. 2003). En Colombia se encontró también que la concentración de ácido linoleico y linolénico fue mayor en rebrote joven del pasto Kikuyo (Aguilar et al. 2009).

Existen pocos trabajos publicados donde se haya medido la concentración de AG en especies de gramíneas tropicales. En uno de esos estudios, se encontró que en la fracción lipídica de *Megathyrsus maximus* cv. Tricoglume la concentración de ácido palmítico (C16:0) fue de alrededor del 30 % (porcentaje de AG individual del total de AG), seguido por el ácido linoleico con una concentración de 28 % y por el

ácido linolénico con una concentración de 23% (O'Kelly y Reich 1976). Recientemente, Khan et al. (2015) reportaron que los principales ácidos grasos, expresados como g/kg de materia seca (MS), en el forraje (hojas y tallos) de gramíneas tropicales (*Pennisetum purpureum*, *Panicum antidotale* Retz., *Panicum coloratum* L., *Megathyrsus maximus*, *Setaria anceps* Stapf, *Sorghum alnum* Parodi) fueron el ácido linolénico (C18:3), linoleico (C18:2), oleico (C18:1) y palmítico (C16:0), y que con la edad de rebrote disminuyeron los contenidos de ácido linoleico y linolénico.

En Colombia no se han realizado estudios controlados para evaluar la influencia de la especie y de los factores de manejo en el contenido de ácidos grasos en gramíneas tropicales utilizadas en sistemas bovinos de doble propósito en el trópico seco. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la edad de rebrote en diez especies, incluyendo varios híbridos y cultivares de gramíneas de corte y pastoreo en la microrregión Valle del Cesar.

Materiales y métodos

Aval del comité de bioética. La investigación fue aprobada por el comité de bioética de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia (Acta 08, 6 septiembre del 2012).

Localización. El experimento se desarrolló en el Centro de Investigación Motilonia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica, ubicada a 10° 00' 07" de latitud norte y 73° 14' 51" de longitud oeste en el municipio de Codazzi, microrregión del Valle del Cesar, departamento del Cesar (Colombia). La zona presenta una temperatura promedio anual de 28,7 °C, con humedad relativa de 70% y una precipitación anual promedio de 1.600 mm con distribución bimodal en los meses de mayo a junio y de septiembre a diciembre.

Especies forrajeras y edades de rebrote. Se evaluaron gramíneas (familia Poaceae) forrajeras de pastoreo

y de corte (con edades de corte de tres, seis y nueve semanas) durante la época de máxima precipitación, que entre los meses de septiembre a noviembre de 2014 fue de 725 mm. El rango en las edades de corte evaluadas se relaciona con el periodo de descanso utilizado por los productores en las gramíneas de pastoreo y corte en la región.

Las gramíneas de pastoreo evaluadas fueron los pastos siguientes: Amargo (*Brachiaria decumbens*), Humidicola (*Brachiaria humidicola* cv. Humidicola), Llanero (*Brachiaria humidicola* cv. *Dictyoneura*), Toledo (*Brachiaria brizantha* cv. Toledo), Mulato II (*Brachiaria hibrida* cv. Mulato II), Tanzania (*Megathyrsus maximus* cv. Tanzania), Mombasa (*Megathyrsus maximus* cv. Mombasa), Colosuana (*Bothriochloa pertusa*), Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), Angleton (*Dichanthium aristatum*) y Carimagua (*Andropogon gayanus*).

Las gramíneas de corte evaluadas fueron los pastos King grass verde (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*), King grass morado (*P. purpureum* x *P. typhoides*), Elefante (*P. purpureum*) y Maralfalfa (*P. purpureum* x *P. glaucum*).

Las gramíneas de pastoreo se cortaron a una altura de 5 cm (especies de crecimiento postrado), 10 cm (especies de crecimiento semierecto) y 25 cm (especies de crecimiento erecto) desde el nivel del suelo. Las gramíneas de corte se cortaron a nivel del suelo.

Áreas experimentales. Los suelos del área experimental tienen una textura franco-arenosa, con pH de 6,4 a 6,6, materia orgánica de 0,5% a 1,5%, sin saturación de aluminio y con buen drenaje. El área total para el experimento fue de 4.454 m². La parcela principal fue la especie forrajera, la cual tuvo una dimensión de 14 m de largo por 4 m de ancho (56 m²). Dentro de la parcela principal, se establecieron sub-parcelas (edad de rebrote) de 4 m de largo por 4 m de ancho (16 m²), con una separación física de una calle de 1 m de ancho. Para la preparación de terreno se realizó un pase de cincel, dos pases de rastra y un pase de pulidor.

El establecimiento de las gramíneas de los géneros *Brachiaria* y *Megathyrsus* se realizó con semilla comercial (4 a 8 kg/ha) sembrada a distancias de 0,5 m entre surcos y 0,5 m entre plantas en cada parcela. Las gramíneas *B. pertusa*, *C. nlemfuensis*, *D. aristatum* y *A. gayanus* se sembraron a una distancia de 0,5 m entre surcos y 0,5 m entre plantas con material vegetativo recolectado en fincas de la región. Las gramíneas de corte se sembraron con material vegetativo a distancias de 1 m entre surcos y dentro de estos se sembró a chorillo continuo. En todas las especies se realizó una fertilización de establecimiento con N 50, P 25 y K 20 kg/ha.

Variables medidas. Para medir la producción de forraje en hojas y tallos en las gramíneas de pastoreo se cosechó el forraje contenido en un marco de 1 m², mientras que en las gramíneas de corte se cosechó el forraje en 3 m lineales en cada subparcela (edad de rebrote). El forraje cosechado de hojas y tallos inmediatamente se secó en horno durante 48 horas a una temperatura de 55 °C. Posteriormente, se tomó una muestra compuesta (tallos y hojas) para la determinación de proteína cruda (PC) por el método de Kjeldahl (AOAC 2010), de fibra detergente neutro (FDN), de fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest et al. 1991), de grasa total (EE) por extracción con éter (AOAC 2010), de perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases (Garcés y Mancha 1993) y de degradabilidad *in situ* de la materia seca a las 48 horas (Ørskov et al. 1980).

La concentración de ácidos grasos (AG) en los forrajes (hojas y tallos) se estimó a partir del extracto etéreo (EE) con base en la ecuación de Allen (2000) y se expresó como porcentaje de la materia seca. Con base en la concentración de AG (% MS) y el perfil lipídico (porcentaje de un AG en relación con el total de AG) se obtuvo el contenido de cada AG identificado en el cromatograma, el cual fue expresado en g/kg MS.

Extracción de grasa y cuantificación de ácidos grasos. Para definir el perfil lipídico de las especies de gramíneas, se realizó la extracción y metilación de los ácidos grasos adaptando las técnicas descritas por Garcés y Mancha (1993) y por Yamasaki et al.

(1999). Al forraje (50 mg) se le adicionaron 2.150 µl de metanol absoluto, 990 µl de tolueno, 66 µl de ácido sulfúrico al 99,9 %, 1.000 µl de N,N dimetilformamida y 2 ml de n-hexano. La mezcla se colocó en un baño de María (2 h a 80 °C), se dejó en reposo (5-10 min), se agitó y se recuperó el sobrenadante. El hexano del sobrenadante se evaporó mediante corriente de nitrógeno. Al residuo se le adicionaron 300 µl de diclorometano y se llevó a un vial con inserto cónico.

Los ésteres de ácidos grasos metilados (FAME) de la grasa del forraje fueron cuantificados por cromatografía de gases. Se utilizó un cromatógrafo de gases marca Shimadzu® modelo GC2014 con autoinyector AOC20i y automuestreador AOC20C. Los FAME fueron separados en columna capilar (Rt 2.560; 100 m x 0,25 mm di x 0,2 µm espesor de la capa; Restek®). Las temperaturas del inyector y del FID fueron 260 °C y 270 °C, respectivamente. El programa de temperatura fue el siguiente: 140 °C por 5 min, que se incrementaron a razón de 4 °C/min hasta alcanzar los 190 °C, temperatura que se mantuvo por 32,5 min. El *split ratio* fue de 1:100 y el gas de arrastre fue He, con una presión de 40,4 psi. Los tiempos de retención fueron comparados con estándares conocidos (Food Industry FAMEX Mix cat 35007).

Diseño experimental y análisis estadístico. Los tratamientos se incluyeron en un diseño replicado (dos veces) de parcelas divididas con bloques al azar, en los cuales la parcela principal fue la especie forrajera y la subparcela, la edad de rebrote, que fue aleatorizada dentro de la parcela principal (Steel y Torrie 1990). En el análisis de varianza se incluyeron como fuentes de variación el efecto del bloque, la especie, la edad de rebrote y su interacción. El análisis estadístico se realizó con PROC GLM del software SAS (versión 9,3). La comparación de medias se realizó con el test de Duncan, con un nivel de significación del 5 %. Para separar medias cuando se presentó una interacción significativa de la especie por la edad de rebrote se calculó la diferencia mínima significativa (DMS) ($p < 0,05$).

Resultados

Producción de forraje. En todas las especies, la producción de forraje en base seca de hojas (figura 1) y tallos (figura 2) se incrementó a medida que avanzó la edad de rebrote, con la excepción del pasto Tanzania, que presentó una menor producción de hojas a las nueve semanas (figura 1).

Los pastos Colosuana y Tanzania presentaron el menor incremento en la producción de hojas (0,3 veces) debido a la edad de rebrote, mientras que Toledo y Maralfalfa presentaron los mayores incrementos (>3,8 veces). Los pastos Carimagua y

Mombasa incrementaron en 2,3 y 1,9 veces, respectivamente, la producción de hoja al aumentar la edad de rebrote de tres a nueve semanas.

La producción de tallos en las especies forrajeras aumentó ($p<0,05$) a medida que maduró el forraje (figura 2). Sin embargo, este aumento fue más notorio en los pastos King grass morado, King grass verde, Carimagua, Elefante y Maralfalfa. El pasto Estrella presentó el menor incremento en la producción de tallos (3,4 veces) con edad de rebrote, mientras que el King grass morado mostró el mayor incremento (44,7 veces).

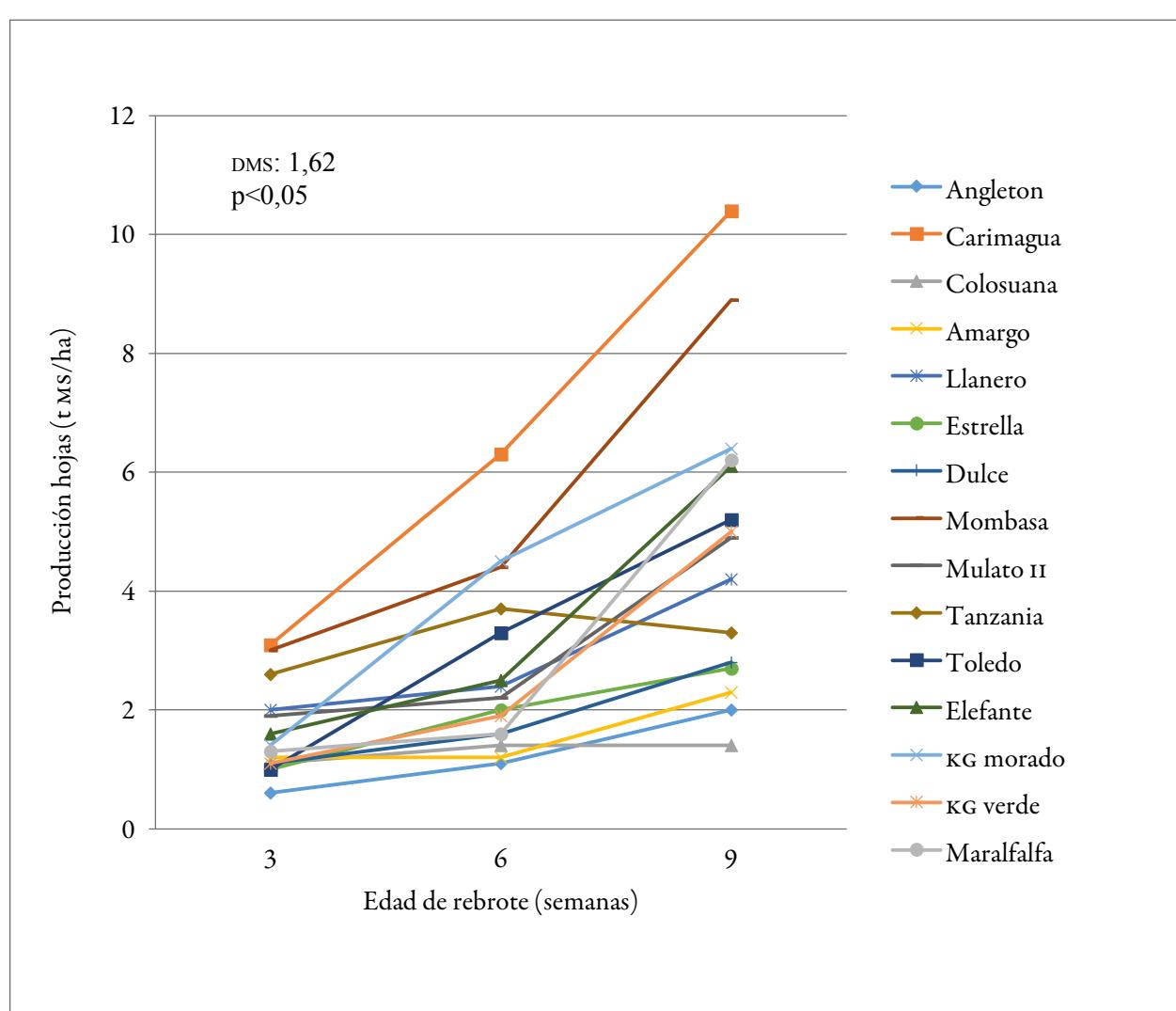


Figura 1. Producción de hojas de 15 especies (incluyendo híbridos y cultivares) de gramíneas de pastoreo y de corte sometidas a tres edades de corte en época de máxima precipitación en el Valle del Cesar, Colombia.

Fuente: Elaboración propia

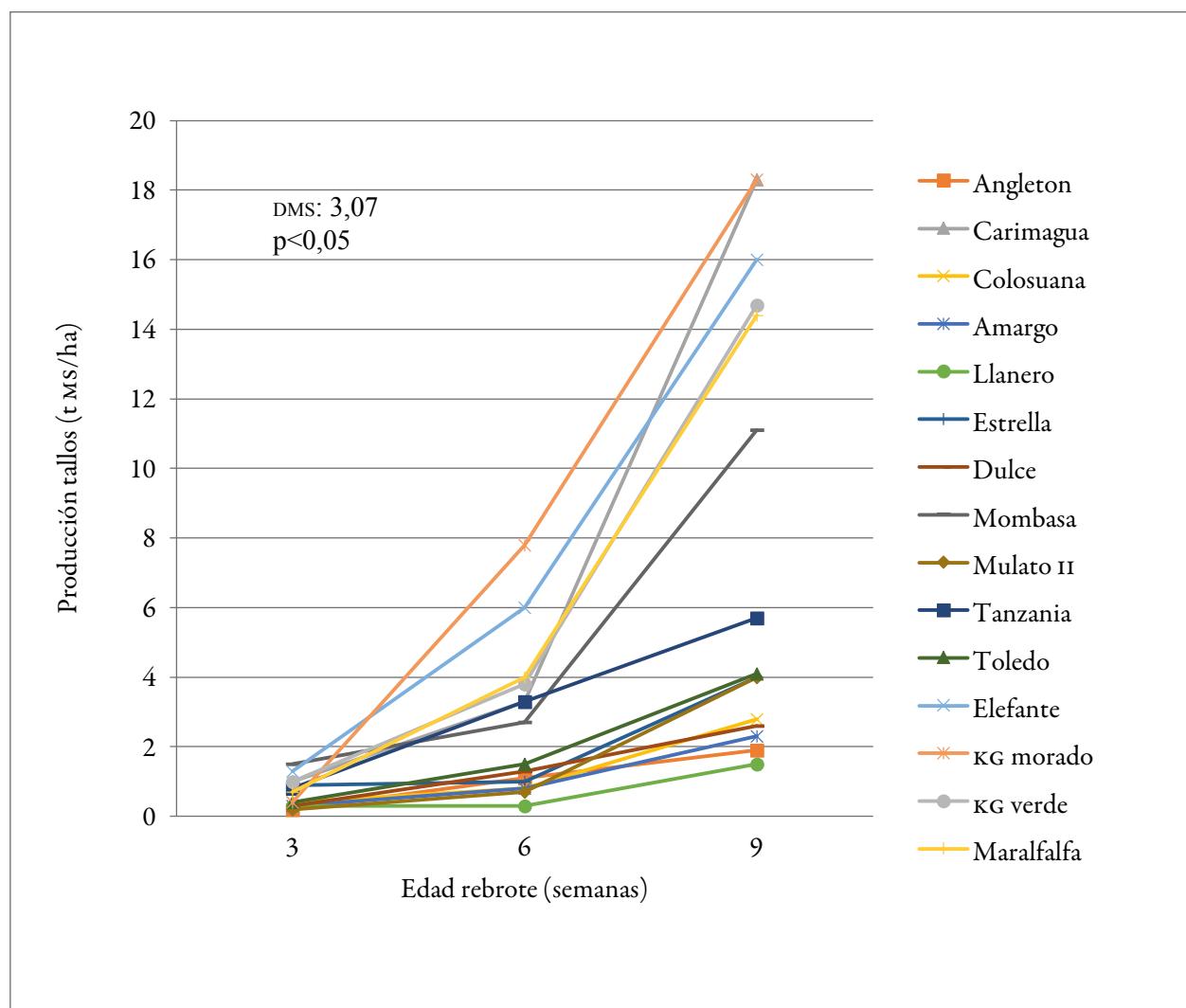


Figura 2. Producción de tallos de 15 especies (incluyendo híbridos y cultivares) de gramíneas de pastoreo y de corte sometidas a tres edades de corte en época de máxima precipitación en el Valle del Cesar, Colombia.

Fuente: Elaboración propia

Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos grasos en gramíneas tropicales

Calidad nutricional. El contenido de extracto etéreo (EE) en el forraje (hojas y tallos) varió en función de la especie y la edad de rebrote. El pasto Tanzania presentó el mayor contenido de EE (1,60%, promedio a través de edades), y los pastos Colosuana, Humidicola, King grass verde, Maralfalfa y Estrella presentaron los menores valores (1,20 % a 1,24 %) (tabla 1). A medida que incrementó la edad de rebrote, se observó un menor contenido de EE en el tejido (hojas y tallos) en todas las especies. En rebrotos de tres semanas el valor promedio de EE a través de especies fue de 1,6% y se redujo a 1,1% en el rebrote de nueve semanas.

El contenido de proteína cruda (PC) en el forraje (hojas y tallos) se redujo con la edad de rebrote en todas las especies y en sus híbridos y cultivares estudiados. Esta reducción fue superior a 50 % al pasar de tres a seis semanas de rebrote en los pastos Amargo, Estrella, Humidicola, Carimagua, Mombasa, Tanzania, Toledo, Elefante y King grass morado. El pasto Maralfalfa presentó la menor reducción en el contenido de proteína cruda (-19,1 %) en la edad de rebrote de tres a nueve semanas (tabla 1).

El contenido de fibra (FDN y FDA) en el forraje (hojas y tallos) se incrementó con la edad de rebrote

de tres a nueve semanas, con un aumento superior a 10 puntos porcentuales en FDN en los pastos Amargo, Carimagua, Tanzania, Elefante, King grass morado y verde. Las especies Carimagua, Elefante, King grass morado y King grass verde fueron las únicas en las que aumentó (10 puntos porcentuales) la FDA con la edad de rebrote. La edad de rebrote en Maralfalfa

solo tuvo un leve efecto (1,5 puntos) en el porcentaje de FDA (tabla 1).

La degradabilidad *in situ* del forraje se redujo por encima del 20 % al pasar de tres a nueve semanas de rebrote, en los pastos Angleton, Amargo, Estrella, Carimagua, Tanzania, Toledo, Elefante, King grass verde y Maralfalfa (tabla 1).

Tabla 1. Calidad nutricional de 15 especies (incluyendo híbridos y cultivares) de gramíneas de pastoreo y de corte (hojas y tallos) sometidas a tres edades de corte en época de máxima precipitación en el Valle del Cesar, Colombia

Especie	Edad de rebrote (semanas)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	EE (%)	DISMS (%)
Pastoreo						
Angleton	3	9,8 ^a	63,0 ^c	37,9 ^b	1,5	61,9 ^a
Angleton	6	7,5 ^a	67,3 ^b	41,6 ^a	1,3	56,6 ^b
Angleton	9	6,9 ^b	70,5 ^a	41,9 ^a	1,1	47,5 ^c
Colosuana	3	12,4 ^a	66,7 ^c	37,9 ^c	1,4	63,9 ^a
Colosuana	6	9,7 ^b	71,0 ^b	41,0 ^b	1,2	57,9 ^b
Colosuana	9	6,9 ^c	75,8 ^a	42,9 ^a	1,1	53,8 ^c
Amargo	3	12,1 ^a	61,4 ^c	28,8 ^c	1,8	71,4 ^a
Amargo	6	8,9 ^b	67,8 ^b	34,3 ^b	1,4	58,8 ^b
Amargo	9	5,3 ^c	72,1 ^a	38,1 ^a	1,2	53,4 ^c
Llanero	3	9,9 ^a	69,0 ^b	36,4 ^b	1,5	64,6 ^a
Llanero	6	8,4 ^a	71,6 ^b	38,7 ^b	1,3	60,1 ^b
Llanero	9	6,5 ^b	73,7 ^a	42,0 ^a	1,1	54,0 ^c
Estrella	3	13,2 ^a	65,3 ^b	35,0 ^c	1,4	66,1 ^a
Estrella	6	9,4 ^b	72,9 ^c	40,3 ^b	1,2	55,3 ^b
Estrella	9	6,4 ^c	75,1 ^a	43,2 ^a	1,0	47,1 ^c
Humidicola	3	9,6 ^a	68,7 ^b	35,7 ^b	1,4	63,9 ^a
Humidicola	6	6,1 ^b	72,9 ^a	39,0 ^a	1,2	57,9 ^b
Humidicola	9	4,9 ^c	72,5 ^a	38,4 ^a	1,1	53,8 ^c
Carimagua	3	13,5 ^a	65,7 ^c	34,7 ^c	1,6	76,0 ^a
Carimagua	6	7,9 ^b	75,4 ^b	40,0 ^b	1,3	59,7 ^b
Carimagua	9	5,0 ^c	81,0 ^a	46,5 ^a	1,1	54,1 ^c

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Espezie	Edad de rebrote (semanas)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	EE (%)	DISMS (%)
Mombasa	3	9,3 ^a	67,0 ^b	41,3 ^c	1,5	64,9 ^a
	6	5,2 ^b	73,7 ^a	46,2 ^b	1,5	61,1 ^b
	9	3,8 ^c	76,0 ^a	49,5 ^a	1,2	52,9 ^c
Mulato II	3	12,6 ^a	64,6 ^b	32,7 ^b	1,7	71,3 ^a
	6	9,0 ^b	66,6 ^b	33,9 ^b	1,4	66,1 ^b
	9	6,4 ^c	71,3 ^a	36,0 ^a	1,2	60,7 ^c
Tanzania	3	9,7 ^a	67,0 ^b	41,7 ^c	2,0	71,4 ^a
	6	5,6 ^b	75,2 ^a	45,7 ^b	1,5	57,6 ^b
	9	3,8 ^c	77,3 ^a	48,1 ^a	1,2	44,6 ^c
Toledo	3	11,5 ^a	64,3 ^c	34,9 ^b	1,6	70,6 ^a
	6	7,2 ^b	71,8 ^b	40,0 ^a	1,2	60,7 ^b
	9	5,1 ^c	74,2 ^a	41,5 ^a	1,1	43,0 ^c
Corte						
Elefante	3	15,0 ^a	57,4 ^c	32,4 ^c	1,7	69,3 ^a
	6	8,5 ^b	67,1 ^b	39,8 ^b	1,3	57,3 ^{ab}
	9	7,4 ^b	69,8 ^a	45,3 ^a	1,1	50,8 ^b
King grass morado	3	20,0 ^a	54,7 ^c	29,7 ^c	1,6	73,0 ^a
	6	9,5 ^b	67,2 ^b	39,9 ^b	1,3	72,2 ^a
	9	8,5 ^b	69,9 ^a	44,4 ^a	1,0	59,5 ^b
King grass verde	3	16,4 ^a	61,6 ^c	35,3 ^c	1,4	80,1 ^a
	6	9,4 ^b	69,0 ^b	40,3 ^b	1,2	63,1 ^b
	9	9,2 ^b	73,6 ^a	47,1 ^a	1,0	57,6 ^c
Maralfalfa	3	9,4 ^a	61,5 ^c	36,3 ^a	1,4	79,8 ^a
	6	8,8 ^a	65,1 ^b	37,5 ^a	1,2	64,3 ^b
	9	7,6 ^b	68,7 ^a	37,8 ^a	1,0	63,7 ^b
Valor - p						
Especie		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Edad		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Especie x edad		0,0002	0,05	0,001	0,56	0,006

PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; EE = extracto etéreo; DISMS = degradabilidad *in situ* de la materia seca. Letras diferentes entre las filas de la misma especie indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($p<0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos grasos en gramíneas tropicales

225

Perfil de ácidos grasos. La concentración de AG (% MS) y los contenidos (g/kg MS) del ácido palmítico, oleico, linoleico y precursores de ALC (linoleico y linolénico) en el forraje variaron debido a la especie y la edad de rebrote (tabla 2). El pasto Tanzania presentó en promedio la mayor ($p<0,05$) concentración de AG (% MS) a través de edades de rebrote y los mayores ($p<0,05$) contenidos de ácido palmítico, oleico, linoleico y precursores de ALC en comparación con las demás especies. Los pastos King grass verde, Carimagua y Estrella presentaron los menores ($p<0,05$) contenidos de ácido linoleico y de precursores de ALC (tabla 2).

En todas las especies de gramíneas evaluadas, a medida que se aumentó la edad de rebrote, disminuyó ($p<0,05$) la concentración de AG (% MS) y los contenidos (g/kg MS) del ácido palmítico, oleico, linoleico y precursores de ALC (tabla 2). Los resultados mostraron que hubo una interacción de especie por edad de rebrote en los contenidos (g/kg MS) de los ácidos grasos mirístico (C14:0), esteárico (C18:0) y linolénico (C18:3) (tabla 2).

A medida que aumentó la edad de rebrote, disminuyó el contenido del ácido mirístico en todas las especies, pero la reducción fue mayor en los pastos King grass verde (-90,3 %), Carimagua (-87,5 %), Humidicola (-85,7 %) y Mulato II (-69,1 %). El pasto Mombasa

presentó la menor reducción (-36,4%) en el contenido de ácido mirístico con la edad de rebrote (tabla 2).

El contenido de ácido esteárico también disminuyó con la edad de rebrote, pero la disminución no fue similar en todas las especies. En los pastos Carimagua, Estrella, Humidicola, Tanzania, Toledo, Elefante, King grass morado y Maralfalfa, el contenido de C18:0 se redujo por encima del 70% al avanzar de tres a nueve semanas de edad de rebrote. Por otra parte, en el pasto Amargo se presentó el menor descenso (-20,6%) de C18:0 y en el pasto Elefante se presentó el mayor descenso (-95,7%) debido a la madurez del forraje. El contenido de C18:0 fue mayor en los pastos Carimagua, Llanero, King grass verde y Maralfalfa para el forraje con seis semanas de edad de rebrote en comparación con otras especies (tabla 2).

El contenido de ácido linolénico (C18:3) disminuyó ($p<0,05$) con la edad de rebrote en las especies, con excepción de los pastos Mombasa y Tanzania, los cuales presentaron una mayor concentración de este ácido graso en el forraje con seis semanas de rebrote. La reducción en el contenido de C18:3 en el forraje fue superior al 70% en todas las especies, al pasar de tres a nueve semanas de rebrote, con la excepción del pasto Tanzania (tabla 2).

Tabla 2. Ácidos grasos en gramíneas de pastoreo y de corte (hojas y tallos) sometidas a tres edades de corte en época de máxima precipitación en el Valle del Cesar, Colombia

Especie	Edad rebrote (semanas)	AG (% MS)	Perfil de AG (g/kg MS)						
			C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	PRE
Pastoreo									
	3	0,56	0,15 ^a	2,15	0,06 ^a	0,50	0,56	0,72 ^a	1,29
Angleton	6	0,34	0,17 ^a	1,23	0,10 ^a	0,27	0,36	0,41 ^b	0,78
	9	0,15	0,06 ^b	0,60	0,03b	0,15	0,12	0,19 ^c	0,32

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Especie	Edad rebrote (semanas)	AG (% MS)	Perfil de AG (g/kg MS)						
			C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	PRE
Colosuana	3	0,46	0,20 ^a	1,39	0,15 ^a	0,42	0,58	0,64 ^a	1,22
	6	0,30	0,19 ^a	1,08	0,08 ^b	0,27	0,26	0,37 ^b	0,63
	9	0,15	0,06 ^b	0,60	0,07 ^b	0,09	0,09	0,17 ^c	0,26
Amargo	3	0,87	0,35 ^a	3,32	0,68 ^a	0,60	1,00	0,63 ^a	1,63
	6	0,45	0,26 ^a	1,67	0,33 ^b	0,24	0,40	0,46 ^a	0,87
	9	0,22	0,17 ^b	0,94	0,03 ^c	0,23	0,10	0,17 ^b	0,27
Llanero	3	0,57	0,32 ^a	1,79	0,19 ^a	0,44	0,66	0,82 ^a	1,48
	6	0,34	0,20 ^b	1,16	0,29 ^a	0,18	0,33	0,37 ^b	0,71
	9	0,13	0,07 ^c	0,44	0,13 ^a	0,09	0,15	0,11 ^c	0,26
Estrella	3	0,44	0,13 ^a	1,64	0,06 ^a	0,15	0,05	0,56 ^a	0,11
	6	0,23	0,06 ^b	0,82	0,35 ^a	0,24	0,39	0,11 ^b	0,95
	9	0,09	0,05 ^b	0,39	0,21 ^b	0,31	0,25	0,07 ^c	0,37
Humidicola	3	0,46	0,21 ^a	1,51	0,46 ^a	0,25	0,65	0,36 ^a	1,02
	6	0,28	0,13 ^a	1,06	0,27 ^b	0,15	0,32	0,12 ^b	0,44
	9	0,12	0,03 ^b	0,57	0,05 ^c	0,09	0,09	0,09 ^b	0,18
Carimagua	3	0,65	0,56 ^a	2,33	0,35 ^a	0,75	0,35	0,66 ^a	1,01
	6	0,36	0,20 ^b	1,04	0,57 ^a	0,41	0,17	0,32 ^b	0,5
	9	0,16	0,07 ^c	0,60	0,07 ^b	0,16	0,09	0,12 ^c	0,22
Mombasa	3	0,61	0,22 ^a	1,54	0,55 ^a	0,64	1,23	0,35 ^a	1,59
	6	0,62	0,24 ^a	2,36	0,50 ^a	0,46	0,69	0,47 ^a	1,16
	9	0,24	0,14 ^a	1,19	0,28 ^a	0,07	0,07	0,09 ^a	0,17
Mulato II	3	0,82	0,55 ^a	2,40	0,74 ^a	0,59	0,92	1,22 ^a	2,14
	6	0,46	0,20 ^b	1,45	0,33 ^b	0,28	0,42	0,76 ^b	1,18
	9	0,33	0,17 ^b	1,31	0,36 ^b	0,15	0,17	0,29 ^c	0,46
Tanzania	3	1,12	0,32 ^a	3,39	1,03 ^a	0,90	2,54	0,39 ^b	2,94
	6	0,60	0,23 ^b	1,84	0,43 ^b	0,42	0,96	0,73 ^a	1,70
	9	0,29	0,17 ^b	1,07	0,26 ^b	0,15	0,21	0,20 ^c	0,42

(Continúa)

Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos grasos en gramíneas tropicales

227

(Continuación tabla 2)

Especie	Edad rebrote (semanas)	AG (% MS)	Perfil de AG (g/kg MS)						
			C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	PRE
Toledo	3	0,67	0,31 ^a	2,37	0,57 ^a	0,39	0,63	0,83 ^a	1,46
	6	0,30	0,15 ^b	0,99	0,19 ^b	0,26	0,34	0,33 ^b	0,68
	9	0,13	0,09 ^b	0,50	0,13 ^b	0,06	0,07	0,12 ^c	0,20
Corte									
Elefante	3	0,77	0,17 ^a	2,32	1,23 ^a	0,64	1,10	0,46 ^a	1,57
	6	0,41	0,19 ^a	1,84	0,23 ^b	0,32	0,23	0,35 ^a	0,58
	9	0,13	0,07 ^b	0,59	0,06 ^b	0,15	0,05	0,06 ^b	0,11
King grass morado	3	0,66	0,31 ^a	2,17	0,78 ^a	0,20	0,92	0,72 ^a	1,65
	6	0,33	0,24 ^a	1,13	0,13 ^b	0,16	0,26	0,52 ^b	0,79
	9	0,09	0,08 ^b	0,40	0,08 ^b	0,03	0,03	0,05 ^c	0,08
King grass verde	3	0,45	0,62 ^a	1,57	0,08 ^a	0,33	0,65	0,27 ^a	0,92
	6	0,30	0,26 ^b	1,42	0,14 ^a	0,05	0,18	0,19 ^b	0,37
	9	0,09	0,06 ^c	0,44	0,03 ^b	0,06	0,03	0,08 ^c	0,12
Maralfalfa	3	0,43	0,22 ^a	1,52	0,13 ^a	0,17	0,61	0,59 ^a	1,21
	6	0,28	0,16 ^a	1,05	0,29 ^a	0,08	0,32	0,22 ^b	0,55
	9	0,09	0,06 ^b	0,47	0,02 ^b	0,02	0,06	0,08 ^c	0,15
Valor - p									
Especie		0,002	0,04	0,02	0,001	0,006	0,0008	0,0001	0,0002
Edad		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001	0,0001	0,0001
Especie por edad		0,56	0,03	0,31	0,002	0,65	0,08	0,008	0,75

AG = ácidos grasos; C16:0 = ácido palmítico; C18:1 = ácido oleico; C18:2 = ácido linoleico; PRE = precursores de ALC (linoleico y linolénico). Letras diferentes entre las filas de la misma especie indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($p<0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Al comparar las gramíneas de pastoreo y corte (hojas y tallos) se observó que, en ambos grupos, el ácido palmítico (C16:0) fue el ácido graso predominante en las tres edades de rebrote, seguido por los ácidos linoleico y linolénico (figura 3). Por otra parte, se observó que en ambos grupos los contenidos de los principales ácidos grasos (C16:0, C18:2,

C18:3) disminuyeron a medida que avanzó la edad de rebrote.

Los precursores de ALC fueron mayores ($p<0,05$) en las gramíneas de pastoreo que en las especies de corte en el forraje con tres, seis y nueve semanas de rebrote (figura 3).

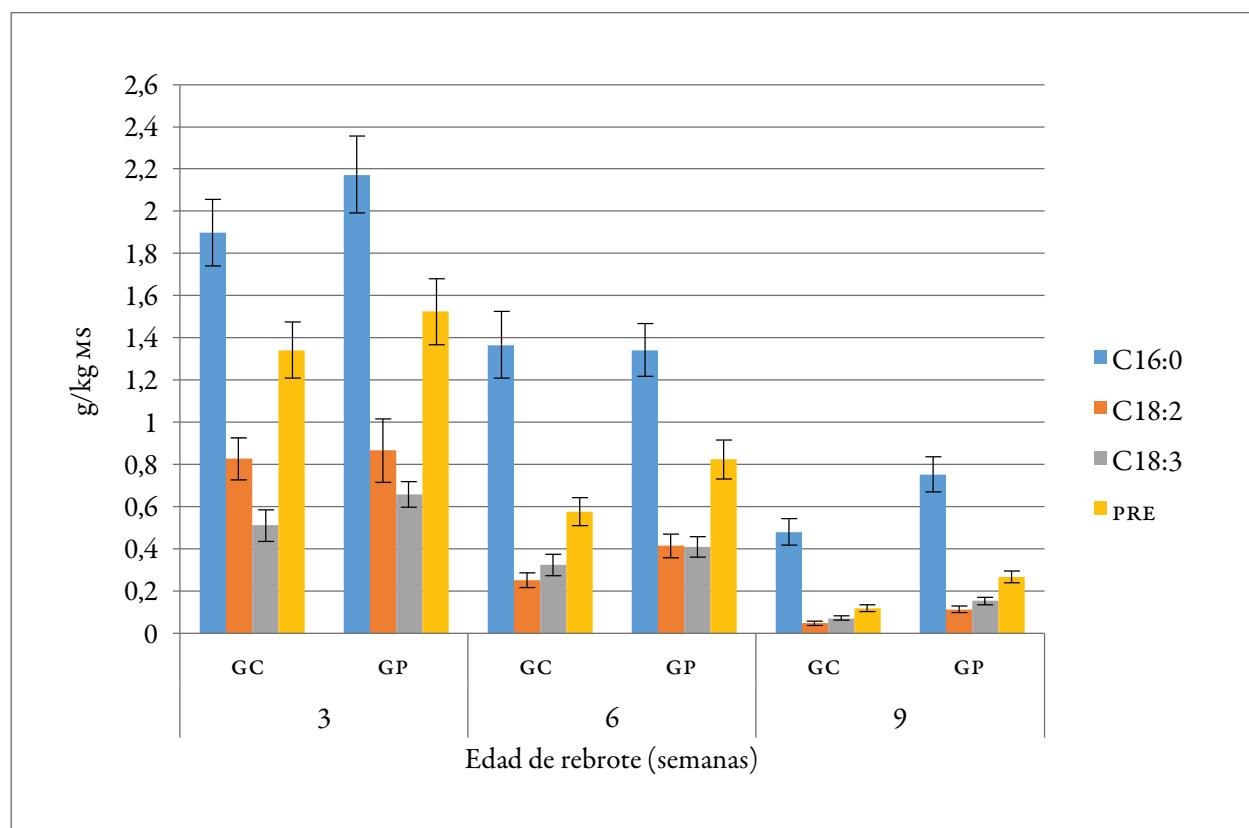


Figura 3. Concentración (g/kg MS) de ácidos grasos [palmítico C16:0, linoleico C18:2, linolénico C18:3, precursores ALC (PRE)] en gramíneas de corte (GC) y de pastoreo (GP) (hojas y tallos) sometidas a tres edades de corte en época de máxima precipitación en el valle del Cesar, Colombia. Las barras indican el error estándar.

Fuente: Elaboración propia

Discusión

El interés en investigar el efecto de la alimentación de vacas lecheras sobre el perfil de ácidos grasos en la grasa de la leche ha aumentado en los últimos años, debido al efecto benéfico que tienen algunos ácidos grasos como los isómeros del ácido linoleico conjugado (ALC) sobre la salud humana (Kelly et al. 2008; Benjamin y Spener 2009; Shingfield et al. 2013). Los estudios revisados indican que aproximadamente un 75 % de la variabilidad en el contenido de ALC en la leche se puede explicar por el consumo total de sus precursores (ácido linoleico y linolénico) presentes en el alimento (Mohammed et al. 2009).

Este estudio evaluó el efecto de la edad de rebrote sobre la concentración de ácidos grasos en diferentes especies de gramíneas de pastoreo y de corte utilizadas en ganaderías del sistema de producción bovino de doble propósito en el trópico seco colombiano.

El ácido palmítico (C16:0) fue el ácido graso predominante en las forrajerías evaluadas, seguido por el ácido linolénico (C18:3) y linoleico (C18:2) en algunas especies; o linoleico y linolénico, en otras. Estos resultados son diferentes a los de otros estudios realizados con gramíneas tropicales en los que se encontró que el ácido linolénico era el principal ácido graso presente en el forraje, seguido por el ácido palmítico (C16:0) (Khan et al. 2015).

La alta temperatura pudo tener efecto sobre la concentración del ácido palmítico (C16:0) en las gramíneas evaluadas en este estudio, ya que Allakhverdiev et al. (2009) encontraron que bajo esa condición ambiental se disminuye la concentración de ácido linolénico y se incrementan las concentraciones del ácido palmítico y el ácido linoleico en las plantas. Este parece ser un mecanismo de adaptación que reduce la fluidez de las membranas en las células de

las plantas para disminuir su evapotranspiración en ambientes con altas temperaturas (Toyes et al. 2013).

La concentración de AG (% MS) y los contenidos (g/kg MS) de los ácidos palmítico, oleico, linoleico y precursores de ALC (linoleico y linolénico) en este estudio disminuyeron a medida que maduró el forraje tanto de especies de pastoreo como de corte. Esta reducción en concentración de AG (% MS) con edad de rebrote se asoció a una menor relación hoja-tallo en el forraje más maduro, ya que los AG se concentran especialmente en los cloroplastos de las hojas (Hawke 1973). En otros estudios con especies de gramíneas tropicales se ha reportado que, además del efecto de la relación hoja-tallo en la concentración de AG, otros factores como la madurez de las hojas, la iniciación de la floración y la senescencia también afectan negativamente la concentración de ácidos grasos en el forraje (Khan et al. 2015).

En este estudio, el efecto de madurez del forraje sobre la concentración de ácido mirístico, esteárico y linolénico no fue igual en todas las especies. En otro estudio con gramíneas tropicales, también se encontró que la disminución en las concentraciones de los ácidos palmítico y linoleico (expresados como g/kg MS debido a edad de rebrote) fue diferente entre especies (Khan et al. 2015).

Un resultado significativo de este estudio fue que el contenido de precursores de ALC (linoleico y linolénico) disminuyó con la madurez del forraje en los dos grupos de gramíneas evaluadas. Sin embargo, la relación de estos ácidos poliinsaturados (C18:2/C18:3) varió entre las especies de gramíneas debido a la edad de rebrote. En el forraje con tres semanas de rebrote, el contenido de ácido linoleico fue mayor que el de ácido linolénico, pero el contenido de este último en relación con el linoleico (C18:2) tendió a ser mayor a las seis y nueve semanas de rebrote, lo que generó un cambio en la relación C18:2/C18:3.

En consecuencia, el ácido linolénico aportó el 40% al contenido total de precursores de ALC en el forraje a las tres semanas de rebrote, pero su aporte aumentó hasta el 60% en el forraje con nueve semanas de rebrote. Khan et al. (2015), en su estudio con

gramíneas tropicales también encontraron una disminución en el contenido de los precursores de ALC, pero el contenido de ácido linolénico fue alrededor de tres veces mayor que el de ácido linoleico, lo que resultó en un mayor aporte (alrededor del 70%) del ácido linolénico respecto al contenido total de precursores de ALC en todos los estados de madurez que se evaluaron.

El estudio *in vitro* realizado por Castillo et al. (2014) indicó que la biohidrogenación del ácido linoleico produce mayor acumulación en líquido ruminal de ácido transvaccénico (ATV, precursor de la síntesis endógena de ALC en la glándula mamaria), comparado con la biohidrogenación del ácido linolénico. Esto sugiere que la mayor relación C18:2/C18:3 en el forraje (hojas y tallos) de las gramíneas evaluadas con tres semanas de rebrote podría generar una mayor concentración de ALC (c9 t11) en la grasa de la leche en comparación con las edades de rebrote de seis y nueve semanas.

Las gramíneas de pastoreo presentaron un mayor contenido de precursores de ALC (linoleico y linolénico) en comparación con las gramíneas de corte. No se encontró información en la literatura científica en la que se haya comparado el contenido de ácidos grasos en especies de gramíneas de diferentes hábitos de crecimiento y diferentes usos en sistemas ganaderos.

El contenido de precursores de ALC fue similar entre las especies de pastoreo y las especies de corte, con excepción del pasto Tanzania, que presentó el mayor contenido. Esto sugiere que la utilización de estas especies en la alimentación de bovinos puede generar una concentración similar de ALC (c9 t11) en la grasa de la leche. En un estudio *in vitro*, Prieto (2015) no observó diferencia en la producción (porcentaje individual de AG del total de AG) de ácido transvaccénico (precursor de la síntesis endógena de ALC en la glándula mamaria) en líquido ruminal con la utilización de pasto Estrella (*Cynodon plectostachyus* K. Schum. Pilg) y pasto Guinea (*M. maximus*). Esto sugirió una respuesta similar en la concentración de ALC c9 t11 en la grasa de la leche bovina con estas gramíneas de pastoreo.

Conclusiones

Los principales ácidos grasos presentes en las gramíneas de corte y pastoreo evaluadas fueron palmitílico (C16:0), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3). En ambos grupos de gramíneas, los contenidos de estos AG y de precursores de ALC disminuyeron con la edad de rebrote. Con excepción del pasto Tanzania, que presentó un mayor contenido de precursores de ALC, las demás especies (incluyendo híbridos y cultivares) presentaron contenidos similares, lo que sugiere que el uso de esas especies en la

alimentación de los bovinos puede generar un efecto similar sobre la concentración de ALC c9 t11 en la grasa de la leche. En contraste, se postula que el pasto Tanzania podría generar una mayor concentración de ALC en carne y leche de rumiantes en sistemas de doble propósito.

Descargos de responsabilidad

Los autores están de acuerdo con la publicación del presente artículo y declaran que no existe ningún conflicto de interés que afecte los resultados.

Referencias

Aguilar O, Moreno B, Pabón M, Carulla J. 2009. Efecto del consumo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) o raigrás (*Lolium hibridum*) sobre la concentración de ácido linoleico conjugado y el perfil de ácidos grasos de la grasa láctea. *Livest Res Rural Dev.* [consultado 2016 feb 15];21(4). <http://www.lrrd.org/lrrd21/4/agui21049.htm>.

Allakhverdiev S. 2009. Regulatory roles in photosynthesis of unsaturated fatty acids in membrane lipids. En: Wada H, Murata N, editores. *Lipids in photosynthesis: essential and regulatory functions*. Dordrecht, Netherlands: Springer Science. pp. 265-282.

Allen MS. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J Dairy Sci.* 83(7):1598-1624.

[AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2010. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th ed. Horwitz W, editor. Gaithersburg, EE. UU.: AOAC International.

Belury MA. 2002. Dietary conjugated linoleic acid in health: physiological effects and mechanism of action. *Annu Rev Nutr.* 22:505-531.

Benjamin S, Spener F. 2009. Conjugated linoleic acids as functional food: an insight into their health benefits. *Nutr Metab (Lond).* 6:36.

Boufaied H, Chouinard P, Tremblay G, Petit H, Michaud R, Belanger G. 2003. Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Can J Anim Sci.* 83(3):501-511.

Castillo J, Olivera M, Pabón M, Ribeiro C, Daza E, Carulla J. 2014. Kinetics and thermodynamics on the in vitro biohydrogenation on linoleic acid, alpha linoleic acid and their combinations. Ponencia presentada en: 51 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia; Barra dos Coqueiros (Sergipe), Brasil.

Chilliard Y, Ferlay A, Doreau M. 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest Prod Sci.* 70(1-2):31-48.

Dewhurst R, Scollan N, Youell S, Tweed J, Humpreys M. 2001. Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grass. *Grass Forage Sci.* 56(1):84-74.

Dewhurst RJ, Shingfield KJ, Lee MRF, Scollan ND. 2006. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acid in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim Feed Sci Technol.* 131(3-4):168-206.

Dhiman T, Anand G, Satter L, Pariza M. 1999. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J Dairy Sci.* 82(10):2146-2156.

Elgersma A, Ellen G, Van Der Horst H, Muuse B, Boer H, Tamminga S. 2004. Influence of cultivar and cutting date on fatty acids composition of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Grass Forage Sci.* 58(3):323-331.

Ellis K, Innocent G, Grove-White D, Cripps P, McLeann W, Howard C, Mihm M. 2006. Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. *J Dairy Sci.* 89(6):1938-1950.

Garcés R, Mancha M. 1993. One step lipid extraction and fatty acid methyl esters preparation from fresh plant tissue. *Anal Biochem.* 211(1):139-143.

Gilliland T, Barrett P, Mann R, Agnew R, Fearon A. 2002. Canopy morphology and nutritional quality traits as potential grazing value indicators for *Lolium perenne* varieties. *J Agric Sci.* 139(3):257-273.

Glasser F, Doreau M, Maxin G, Baumont R. 2013. Fat and fatty acid content and composition forages: a meta-analysis. *Anim Feed Sci Technol.* 185(1-2):19-34.

Hawke J. 1973. Lipids. In: Butler G, Bailey RW, editores. Chemistry and biochemistry of herbage. Londres, Reino Unido: Academic Press.

Ip C, Banni S, Angioni E, Carta G, McGinley J, Thompson H, Barbano D, Bauman D. 1999. Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. *J Nutr.* 129(12):2135-2142.

Jensen RG. 2002. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *J Dairy Sci.* 85(2):295-350.

Kelly M, Berry J, Dwyer D, Gruinari J, Chouinard P, Van Amburgh M, Bauman D. 2008. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J Nutr.* 128(5):881-885.

Khan N, Farooq N, ALI M, Suleman M, Ahmad N, Sulaiman S, Cone N, Hendriks W. 2015. Effect of species and harvest maturity on the fatty acids profile of tropical forages. *J Anim Plant Sci.* 25(3):739-746.

Loor J, Soriano F, Lin X, Herbein J, Polan C. 2003. Grazing allowance after the morning or afternoon milking for lactating cows fed a total mixed ration (TMR) enhances trans11-18:1 and cis9, trans11-18:2 (rumenic acid) in milk fat to different extents. *Anim Feed Sci Technol.* 109(1-4):105-119.

Mohammed R, Stanton CS, Kennelly JJ, Kramer JK, Mee JF, Glimm DR, O'Donovan M, Murphy JJ. 2009. Grazing cows are more efficient than zero-grazed and grass silage fed cows in milk rumenic acid production. *J Dairy Sci.* 92(8):387-3893.

O'Kelly J, Reich H. 1976. The fatty acid composition of tropical pastures. *J Agric Sci.* 86(2):427-429.

Ørskov E, Deb Howell F, Mould F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop Anim Prod.* 5:3.

Pabón M, Carulla J. 2008. Compuestos lipídicos benéficos para la salud humana asociados a la nutrición animal. *Rev Colomb Cienc Pec.* 21(1):136-145.

Pariza MW, Hargreaves WA. 1985. A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7, 12 dimethylbenz[a]antrazene. *Carcinogenesis.* 6(4): 591-593.

Prieto E. 2015. Efecto de la suplementación con aceites vegetales a vacas pastoreando con/sin sistema silvopastoril intensivo con leucaena sobre los ácidos grasos en la leche y la producción de metano *in vitro* [tesis de doctorado]. [Medellín, Colombia]: Universidad de Antioquia.

Rico J, Moreno B, Pabón M, Carulla J. 2007. Composición de la grasa láctea de la sabana de Bogotá con énfasis en ácido ruménico - CLA cis-9, trans-11. *Rev Colomb Cienc Pec.* 20(1):30-39.

Shingfield K, Bonnet M, Scollan N. 2013. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal.* 7(1 Suppl):132-162.

Steel R, Torrie JH. 1990. Bioestadística, principios y procedimientos. 2^a ed. España: McGrawHill. Capítulo11, Correlación lineal.

Toyes E, Murillo B, Espinoza J, Carreun L, Palacios A. 2013. Composición química y precursores de ácido vaccénico y ruménico en especies forrajeras en baja California Sur, México. *Rev Mex Cienc Pecuarias.* 4(3):373-386.

Van Soest P, Robertson J, Lewis M. 1991. Methods for dietary fiber, neutral fiber and no starch polysaccharides in relation to nutrition. *J Dairy Sci.* 74(10):3583-3597.

Váradová Z, Kišidayová S, Siroka P, Jalč D. 2008. Comparison of fatty acid composition of bacterial and protozoal fractions in rumen fluid of sheep fed diet supplemented with sunflower, rapeseed and linseed oils. *Anim Feed Sci Technol.* 144(1-2):44-54.

Ward A, Wittenberg K, Froebe H, Przybyski R, Malconlmson L. 2003. Fresh forage and solin supplementation on conjugated linoleic acid levels in plasma and milk. *J Dairy Sci.* 86(5):1742-1750.

White S, Bertrand J, Wade M, Wade M, Washburn S, Greet J, Jenkins T. 2001. Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein Cows consuming pasture or a total mixed ration. *J Dairy Sci.* 84(10):2295-2301.

Yamasaki M, Kishihara K, Ikeda I, Sugano M, Yamada K. 1999. A recommended esterification method for gas chromatographic measurement of conjugated linoleic acid. *J Am Oil Chem Soc.* 76(8):933-938.