

Loto, M.¹; Juliarena, P.²; Guzmán, S.A.²; Eyherabide, G.A.³; Maglietti, C.³; Paván, E.³; Gonda, H.⁴ y Ricci, P.³

¹ INTA EEA Montecarlo, Misiones; ² CIFICEN -UNCPBA, CICPBA, CONICET;

³ Unidad Integrada Balcarce (Fac. Cs. Agr., UNMdP-INTA EEA Balcarce);

⁴ Facultad de Cs. Veterinarias, UNCPBA, CIVETAN, CONICET-CIC.

6.

Emisiones de metano en un sistema de producción de ciclo completo en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires

INTRODUCCIÓN

Las emisiones de metano (CH₄) representan una pérdida de eficiencia de utilización de la energía de sistemas de producción bovina y además constituye el principal gas de efecto invernadero (GEI) generado en la actividad pecuaria. En nuestro país las mismas representan el 39% del total de las emisiones nacionales (Tercera Comunicación Nacional, 2015). Si bien a nivel mundial Argentina contribuye con el 0,8% de las emisiones mundiales, existe una preocupación por disminuir las emisiones de GEI del sector agropecuario debido a una demanda del comercio internacional por productos de baja Huella de Carbono (emisiones de GEI por unidad de producto). La cantidad de GEI que aporta el sector agropecuario es una estimación basada en ecuaciones internacionales. Por esta razón, es necesario conocer las emisiones de GEI de nuestros sistemas de producción mediante determinaciones a campo, e investigar cual es el potencial de mejora de la eficiencia de producción. Los sistemas de producción de carne del Sudeste Bonaerense, se caracterizan por tener una etapa de cría y recría pastoril y una terminación a corral a base de concentrados energéticos. Debido a la falta de información local, es importante la cuantificación de emisiones de GEI en las distintas etapas del sistema de producción sometido a diferentes alternativas de manejo. En sistemas de cría, anticipar el momento del destete es una práctica recomendada para incrementar la eficiencia reproductiva del rodeo (Galli *et al.*, 2005). En cuanto a las madres, una reducción del período de lactancia permite derivar los requerimientos energéticos de lactancia a la recuperación de la condición corporal de la vaca postparto (Lusby y Parra, 1981). En cuanto a los terneros, evidencias previas en rumiantes meno-

res demostraron que la alimentación con alto nivel de concentrados en etapas tempranas de crecimiento generó condiciones menos propicias para la proliferación de bacterias metanogénicas, este efecto sería persistente en la vida adulta del animal (Yáñez-Ruiz *et al.*, 2010). En consecuencia, un destete anticipado podría disminuir la producción de CH₄ de un sistema de producción de carne de ciclo completo. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del destete anticipado sobre las emisiones de CH₄ de vacas y en su progenie durante un ciclo productivo en un sistema de producción de carne bovina de ciclo completo del sudeste bonaerense.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr el objetivo planteado, se utilizó un rodeo de 80 vacas Angus, de parición invernal de la Reserva N° 6 de la EEA Balcarce de las cuales se seleccionaron 32 vacas madres de terneros machos, de 353 ± 38 kg de PV (media ± DE) y fecha promedio de parto 19/08/2014 ± 11 días. Las mismas fueron asignadas de manera aleatoria a 2 tratamientos (n=16). Los tratamientos consistieron en 2 momentos de destete, un destete tradicional (DT) vs. un destete hiperprecoz (DHP). El DT se realizó el día 10/03/2015 donde los terneros tuvieron 205 ± 12 días de vida y un PV de 142,5 ± 25,4 kg. El DHP se realizó el día 07/10/2014 a los 53 ± 10 días de edad del ternero con 52,7 ± 6,7 kg de PV. En base al rodeo seleccionado (n=32) se realizaron 2 experimentos.

Experimento 1: Se planteó la determinación a campo de las emisiones de CH₄ de vacas en ambos tratamientos (n=10) en el mes de noviembre de 2014. Debido a fallas técnicas de los equipos de medición (obstrucción de capilares, rotura de tubos

y contaminación de muestras), no se obtuvieron determinaciones a campo de CH₄. Sin embargo, se procedió a realizar una estimación de las emisiones de CH₄ de las vacas en tratamiento a partir de la información real de cambio de peso vivo. Se estimaron los requerimientos energéticos (Mcalvaca⁻¹ día⁻¹) de mantenimiento, gestación, lactancia y variación del peso vivo de cada vaca desde Octubre 2014 hasta Septiembre 2015 utilizando el sistema NRC (2000). En función de la oferta energética estacional de la pastura (Mcal kgMS⁻¹; Diego Alvarez, 2008; Guaita y Fernandez, 2011) se calculó el consumo de materia seca (CMS) como el cociente entre los requerimientos energéticos y la energía ofrecida. La producción de CH₄ se estimó en 6,5% del total de la energía bruta consumida. El diseño experimental consistió en un diseño completamente aleatorizado, con dos tratamientos (DHP y DT) y se consideró al animal individual como unidad experimental.

Experimento 2: Los terneros de DHP fueron alimentados con heno de alfalfa y un concentrado energético comercial, desde el día 07/10/2014 durante un período de 30 días y luego fueron alimentados con una dieta de 2,7 Mcal KgMS⁻¹ y 17 % PB hasta el día 11/03/2015, fecha en la que se realizó el DT y los terneros de ambos tratamientos (n=16) ingresaron a una etapa de recría pastoril por un periodo de 307 días bajo igualdad de condiciones de manejo. Durante este período, la carga animal fue de 3,6 animales·ha⁻¹. Los animales consumieron pasturas consociadas de *Festuca arundinacea* con *Medicago sativa* o con *Trifolium repens* en franjas de 1 a 3 días y una asignación forrajera entre el 3 y 6% PV en otoño-invierno y primavera-verano, respectivamente. El día 13/01/2016 los novillos ingresaron a un corral de terminación con 281±28 kg PV por un periodo de 66 días hasta faena a los 364±32 donde consumieron una dieta compuesta por maíz partido (67,9%), ensilaje de maíz (22,9%), pellet de girasol (6,3%), núcleo vitamínico mineral con monensina (2,1%) y urea (0,8%). Se realizaron pesadas individuales sin desbaste previo mediante una balanza electrónica cada 21 a 30 días durante todo el período experimental y se determinó el aumento diario de peso vivo (ADPV) por regresión. El CMS de la pastura se estimó en períodos previos a la medición de CH₄ mediante la ecuación general: CMS= Producción Fecal / (1 - Digestibilidad). La producción fecal se estimó con un marcador externo

(óxido de cromo) y digestibilidad a través de un marcador interno (materia seca indigestible). En tanto que durante el período de engorde a corral cada animal fue alojado en un corral individual y se determinó el CMS como la diferencia entre la oferta y rechazo diario durante el mismo periodo de medición de CH₄. Las emisiones de CH₄ se determinaron en 9 novillos por tratamiento en 3 períodos de medición. La primera medición se realizó en primavera (30/10 al 05/11/2015), la segunda en verano (14/12 al 19/12/2015) y la tercera en el periodo de engorde a corral (27/02 al 03/03/2016). La producción de CH₄ se determinó con la técnica del gas marcador hexafluoruro de azufre (SF₆) modificada en la Argentina (Berndt *et al.*, 2014). Cápsulas intraruminales de liberación lenta de SF₆ (5,74±0,98 mg SF₆·día⁻¹) se dosificaron mediante sonda esofágica en agosto de 2015. Para la colección de muestras de aire exhalado, se colocaron en cada animal 2 tubos de acero inoxidable de 500 cm³ que se encontraban al vacío conectados cada uno a un restrictor de flujo de aire. Los equipos se colocaron en un arnés de lona alrededor del cuello durante un período de 5 días consecutivos. Las muestras fueron enviadas (IFAS-UNCP-BA, Tandil) para determinar la concentración de CH₄ y SF₆ mediante cromatografía gaseosa (GC Agilent 7890A). La producción de CH₄ se calculó a partir de la fórmula propuesta por Lasseby *et al.* (1997):

$$CH_4(g.día)^{-1} = \text{Tasa de liberación SF}_6 (mg.día)^{-1} \times$$

$$\frac{[CH_4]_{muestra} - [CH_4]_{aire}}{[SF_6]_{muestra} - [SF_6]_{aire}} \times \frac{\text{Peso molecular CH}_4}{\text{Peso molecular SF}_6} \times 1000$$

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (n=9) con arreglo factorial (2 momentos de destete por 3 períodos de medición). Se consideró a cada animal como unidad experimental.

En ambos experimentos, las medias de todas las variables analizadas se compararon mediante el test de Tukey con el programa estadístico R core team (2013). Se consideraron diferencias estadísticamente significativas cuando la probabilidad de error fue menor o igual al 5%, y tendencia entre 5 y 10%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1: Consumo y emisión de metano entérico de vacas

Los valores estimados de CMS y emisiones de CH₄ difirieron significativamente entre tratamientos

Tabla 1. Medias estimadas de peso vivo (PV), consumo de materia seca (CMS) y producción de metano entérico (CH₄) durante el período Octubre 2014 – Septiembre 2015, de vacas multíparas con destete tradicional (DT) y destete hiperprecoz (DHP).

	DHP	DT	EE	P valor
PV, kg	414,2	385,9	2,5	<0,01
CMS, kgMS·día⁻¹	6,0	7,3	0,09	<0,01
CH₄, g·día⁻¹	128,6	158,7	2,05	<0,01
EE= error estándar de la media				

de destete ($P < 0,01$; Tabla 1). La supresión de los requerimientos energéticos de lactancia desde los 53 a los 205 días postparto de las vacas de DHP repercutió en un menor nivel de consumo, respecto a las vacas de DT. Estos resultados se encuentran en concordancia con Arthington y Minton (2004) quienes encontraron un menor ($P < 0,01$) consumo en vacas destetadas ($5,7 \text{ kgMS} \cdot \text{día}^{-1}$) con respecto a vacas en lactancia ($9,0 \text{ kgMS} \cdot \text{día}^{-1}$). Por otro lado, Gonzales Galindo *et al.* (2007) encontraron que vacas destetadas consumieron un 16% menos de heno ($P < 0,01$) y tuvieron mayor ADPV con respecto a las vacas destetadas normalmente.

Si bien los valores estimados de producción de CH₄ por animal y por día en el presente trabajo fueron menores a los informados anteriormente, aquellos trabajos fueron realizados con vacas de mayor tamaño corporal. Expresados en relación al peso vivo, las emisiones de CH₄ estimadas en este trabajo ($0,31$ y $0,41 \text{ g CH}_4 \cdot \text{kg PV}^{-1}$) se encuentran dentro del rango de valores reportados previamente en vacas Angus de 526 a 578 kg PV, consumiendo 11 a $18 \text{ kg} \cdot \text{día}^{-1}$ de pasturas consociadas de gramíneas y leguminosas templadas ($0,30$ a $0,64 \text{ g CH}_4 \cdot \text{kg PV}^{-1}$; 158 a $372 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$; Chiavegato *et al.*, 2015) y en vacas Hereford–Simmental de 511 kg PV consumiendo $9,7 \text{ kgMS}^{-1}$ de una pastura de *Bromus Sp.* ($0,57 \text{ g CH}_4 \cdot \text{kg PV}^{-1}$; $293 \text{ g} \cdot \text{CH}_4 \cdot \text{día}^{-1}$; Mc Caughey *et al.*, 1999).

Experimento 2: Consumo y emisión de metano entérico de novillos

No se observó interacción significativa entre tratamiento de destete y período de medición, ni efecto significativo del tratamiento de destete para ninguna de las variables analizadas, excepto para el peso vivo (PV) y las pérdidas de CH₄ por unidad de alimento consumido ($\text{g} \cdot \text{kgCMS}^{-1}$; Tabla 2). Contrariamente a lo esperado, este valor tendió a ser mayor en el tratamiento DHP (Tabla 2).

El período de medición afectó significativamente a todas las variables estudiadas. Se observó un menor CMS en el período de pastoreo de verano, seguido por la primavera y el corral ($2,17$; $2,99$ y $3,04 \text{ \%PV}$, respectivamente; Tabla 2). La producción total de CH₄ en primavera fue $39,5 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$ menor que en verano ($P = 0,01$); y este último fue $65 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$ mayor respecto al período de engorde a corral ($P < 0,01$); sin diferir significativamente las emisiones de CH₄ en primavera y en el corral ($P = 0,74$). Durante el período de pastoreo de verano, se registró la mayor producción total de CH₄, el menor CMS, y el menor ADPV; originando mayores emisiones de CH₄ por unidad de CMS y ADPV con respecto a los otros períodos de medición (Tabla 2). En tanto que durante el período de engorde a corral se observaron las menores emisiones de CH₄ totales y por unidad de CMS y ADPV (Tabla 2). La pérdida de energía bruta consumida (Y_m) a través de la producción de CH₄ fue menor ($P < 0,01$) durante el engorde a corral y mayor en verano ($P < 0,01$; Tabla 2). Durante los ensayos realizados hubo un % de éxito de muestreo de CH₄ del 66 % en la primavera, 88 % en el verano y 88% durante el engorde a corral. El principal motivo de falla fue la desconexión de los restrictores de flujo de aire, rotura de arneses y la pérdida de vacío de los tubos colectores. La producción total de CH₄ en pastoreo observados, se encuentran en concordancia con los resultados reportados por Boadi *et al.* (2002), quienes informaron entre $182,8$ a $259,9 \text{ g CH}_4 \cdot \text{día}^{-1}$ en novillos consumiendo pasturas en diferentes estadios de crecimiento. Estos autores registraron diferencias significativas en las emisiones de CH₄ a medida que avanza la estación de crecimiento de las pasturas. En este sentido McAllister *et al.* (1996) indican que la producción de CH₄ aumenta al avanzar el estadio de crecimiento del forraje debido a un incremento de la proporción fibrosa. En el presente trabajo, los valores de digestibilidad *in vitro*

Tabla 2. Medias de peso vivo (PV), consumo de materia seca (CMS) y producción de metano entérico (CH₄) de novillos Angus de destete tradicional (DT) y destete hiperprecoz (DHP), determinados en 3 períodos durante un ciclo productivo.

	Periodo de medición			Destete			P valor		
	Primavera n=12	Verano n=16	Corral n=16	DHP n=22	DT n=22	EE	Periodo	Destete	Periodo x Destete
PV*, kg	246a	271,8a	341,1b	272,6	300	6,9	<0,01	<0,01	0,99
CMS, kg MS·día⁻¹	7,2 b	5,6 a	10,3 c	7,7	8,1	0,33	<0,01	0,14	0,32
CH₄, g·día⁻¹	189,9 ab	229,4 b	164,4 a	188,1	201,9	6,7	<0,01	0,46	0,7
CH₄, g·kgCMS⁻¹	26,8 b	39,5 c	14,3 a	26,6	25,6	1,9	<0,01	0,08	0,62
CH₄, g·kgPV⁻¹	0,79 b	0,83 b	0,48 a	0,7	0,69	0,03	<0,01	0,23	0,96
CH₄, g·kgADPV⁻¹	195,7 a	322,4 b	131,6 a	200,1	236,8	15,9	<0,01	0,33	0,34
Ym, %	8,1 b	11,9 c	4,9 a	8,0	8,4	0,005	<0,01	0,28	0,38

EE=error estándar de la media. *Solo para la variable PV, n=9 por tratamiento

de la materia seca observados fueron mayores en primavera (78,4 %) y menores en verano (67,9 %). La disminución de la calidad del forraje observada en el verano podría explicar el aumento de la producción de CH₄ por kg PV observado en el presente estudio (Tabla 2). Los valores de CH₄ (g·día⁻¹ y g·kgPV⁻¹) observados en el presente trabajo, fueron mayores que los reportados por Molano *et al.* (2006), quienes reportaron emisiones de 112 g CH₄·día⁻¹ en novillos cruce Hereford x Fresian (238 kg PV) que consumían 6,2 kgMS·día⁻¹ de pasturas consociadas de *Lolium perenne* y *Trifolium repens*. Las causas de estas diferencias podrían ser debidas al mayor contenido de FDN (+7,7%) observadas en el presente trabajo respecto a los de Molano *et al.* (2006). De igual manera, durante la etapa de pastoreo se observaron en promedio pérdidas de 33 g CH₄·kgCMS⁻¹, en tanto que Boadi *et al.* (2002) reportan valores de 22 g CH₄·kgCMS⁻¹ con niveles de CMS de 2,6% PV. Los valores de Ym observados en el presente trabajo (Tabla 2) fueron mayores a los sugeridos por IPCC (2006) (3 y 6,5 ± 1 % para dietas con alta y baja proporción de concentrados, respectivamente). Sin embargo, estas diferencias en eficiencia de utilización de la energía (mayor producción de CH₄ por unidad de alimento consumido), se encuentran dentro del rango de valores reportados en la bibliografía (Liu *et al.*, 2017). Con respecto a la etapa de engorde a corral, se observaron menores emisiones de CH₄ (g·día⁻¹) con respecto al verano (Tabla 2). Estos resultados están en concordancia con Beauchemin y McGinn (2005) quienes encontraron

diferencias de hasta un 64% emisiones de CH₄ (g·día⁻¹) en novillos alimentados con dietas de engorde respecto a dietas de recría. Dichos autores atribuyen esta diferencia a una disminución de la relación acético: propionico al incrementar el contenido de almidón en la dieta.

CONCLUSIONES

Las menores emisiones totales de CH₄ estimadas a partir de datos reales de producción de vacas de cría, indican que el manejo del momento del destete puede tener implicancias en las emisiones de CH₄. Sin embargo, la alimentación de los terneros con alto nivel de concentrados en edad temprana, no demostró efectos a largo plazo en las emisiones de CH₄ totales ni en la eficiencia de utilización de la energía. Los resultados obtenidos aportan al conocimiento sobre factores de emisión CH₄ de novillos para carne representativos de la región durante la etapa final de la recría pastoril de primavera y verano y la posterior terminación a corral.

BIBLIOGRAFÍA

- Arthington, J.D and Minton, J.E. 2004. The effect of early calf weaning on feed intake, growth, and postpartum interval in thin, Brahman-Crossbred primiparous cows. *The Prof. Anim. Sci.* 20:34-38.
- Beauchemin, K.A., and S.M. McGinn. 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. *J. Anim. Sci.* 83:653-661.

- Berndt, A., T.M. Boland, M.H. Deighton, J.I. Gere, C. Grainger, R.S. Hegarty, A.D. Iwaasa, J.P. Koolaard, K.R. Lassey, D. Luo, R.J. Martin, C. Martin, P.J. Moate, G. Molano, C. Pinares-Patiño, B.E. Ribaux, N.M. Swainson, G.C. Waghorn, and S.R.O. Williams. 2014. Guidelines for use of sulphur hexafluoride (SF₆) tracer technique to measure enteric methane emissions from ruminants. New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre. 166pp.
- Boadi, D.A., K.M. Wittenberg, and W.P. McCaughey. 2002. Effects of grain supplementation on methane production of grazing steers using the sulphur (SF₆) tracer gas technique. *Can. J. Anim. Sci.* 82:151-157.
- Chiavegato, M.B., Rowntree, J.E., Carmichael, D. and Powers, W.J. 2015. Enteric methane from lactating beef cows managed with high- and low-input grazing systems. *J. Anim. Sci.* 93:1365-1375.
- Diego Álvarez, I. 2008. Eficiencia energética en rodeos de cría con parición otoño o invierno. Tesis de graduación. Fac. Ciencias Agrarias, UNMDP, Balcarce, Argentina. 50pp.
- Galindo-Gonzalez, S., Arthington, J.D., Yelich, J.V., Hansen, G.R., Lamb, G.C., De Vries, A. 2007. Effects of cow parity on voluntary hay intake and performance responses to early weaning of beef calves. *Liv. Sci.* 110:148-153.
- Galli, I.O., Hofer, C.C., Monje, A.R., Geraci, J.I, Herrera, C.A. y Vitone, J.S. 2005. Del destete tradicional al hiperprecoz. Análisis de las tecnologías que convienen a cada campo. XVIª Jornadas Ganaderas de Pergamino y Expofeedlot 2005. INTA E.E.A Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.
- Guaita, S. y Fernandez. H. 2011. Tabla de composición química de alimentos para rumiantes. INTA, EEA Balcarce, Argentina. 60pp.
- IPCC. 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for national greenhouse gas inventories. Vol. 4. Agriculture, forestry and other land use. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.
- Lassey, K.R., Ulyatt, M.J., Martin, R.J., Walker, C.F., Shelton, I.D. 1997. Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. *Atm. Environ.* Vol. 31: 2905-2914.
- Liu, Z., Liu, Y., Murphy, J.P., Maghirang, R. 2017. Ammonia and Methane Emission Factors from Cattle Operations Expressed as Losses of Dietary Nutrients or Energy. *Agriculture*, 7(3):16.
- Lusby, K.S., and Parra, A.A. 1981. Effects of early weaning on calf performance and on reproduction in mature cows. *Anim. Sci. Res. Rep.* 64-68.
- McAllister, T.A., Okine, E.K., Mathinson, G.W., Cheng, K.J. 1996: Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Can. J. Anim. Sci* 76: 231-243.
- McCaughey, W.P., Wittenberg, K., Corrigan, D. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Can. J. Anim. Sci.* 79:221-226.
- Molano, G., Clark, H., Knight, T.W., and Cavanagh, A. 2006. Methane emissions from growing beef cattle grazing hill country pasture. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. Vol 66.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2015. Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina. 417p.
- Yáñez-Ruiz, D.R., Macías, B., Pinloche, E., and Newbold, C.J. 2010. The persistence of bacterial and methanogenic archaeal communities residing in the rumen of young lambs. *FEMS Microbiol. Ecol.* 72:272-278.