

# Estrategias de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas ganaderos bovinos extensivos del sur de San Luis, Argentina. Estudio de casos

NIETO, M.I.<sup>1</sup>; FRASINELLI, C.A.<sup>2</sup>; FRIGERIO, K.<sup>2</sup>; REINÉ, R.<sup>3</sup>; BARRANTES, O.<sup>4,5</sup>

## RESUMEN

La ganadería bovina es una de las principales fuentes de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI). A nivel internacional, regional y nacional existe una gran diversidad de estudios relacionados con la búsqueda de estrategias de mitigación de esos gases. El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la aplicación de tecnologías estratégicas sobre las emisiones de GEI en sistemas productivos ganaderos típicos de la región sur de San Luis. Para ello se analizaron 6 casos de estudios en sus características actuales (SPA) y se plantearon y simularon dos propuestas mejoradoras de sus sistemas productivos (SPM1 y SPM2), se estimaron emisiones de CH<sub>4</sub> por fermentación entérica y N<sub>2</sub>O de suelos gestionados. Se caracterizaron las emisiones y se realizó una comparación de emisiones de GEI de los sistemas entre sus tres estados (SPA, SPM1 y SPM2) a través de un ANOVA. Las “emisiones por ternero” fueron significativamente superiores (P<0,001) en el SPA que en los SPM1 y SPM2 emitiendo un 33% y un 36% menos de emisiones que el SPA. En el caso de las “emisiones por kg de peso vivo vendido” las emisiones fueron significativamente superiores en el SPA respecto al SPM2 emitiendo este un 25% menos. La aplicación de nuevas tecnologías no solamente disminuye las emisiones, sino que mejora la producción de esos sistemas. Por lo que, los resultados demuestran que la aplicación de prácticas de mejora en los sistemas de producción (ajuste de carga animal, reordenamiento del rodeo, manejo del pasto, sanidad animal, división de potreros) tienen un considerable potencial para mitigar las emisiones de GEI en estos sistemas.

**Palabras clave:** cría y recría de bovinos, tecnologías estratégicas, carga animal, manejo nutricional, manejo del rodeo, calendario sanitario.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Catamarca, Ruta Provincial N.º 33 km 4, (4705) Sumalao, Valle Viejo, Catamarca. Correo electrónico: nieto.maria@inta.gob.ar

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) San Luis Ruta Nacional 7 y 8 (5130), Villa Mercedes, San Luis.

<sup>3</sup>Universidad de Zaragoza, Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Zaragoza, España.

<sup>4</sup>Universidad de Zaragoza, Facultad de Veterinaria, Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Zaragoza, España.

<sup>5</sup>Instituto Agroalimentario de Aragón —IA2— (CITA-Universidad de Zaragoza), Zaragoza, España.

Recibido 26 de octubre de 2018 // Aceptado 13 de febrero de 2019 // Publicado online 18 de diciembre de 2019

## ABSTRACT

Cattle farming are one of the main sources of anthropogenic emissions of greenhouse gases (GHG). At the international, regional and national levels, there is a great diversity of studies related to the search for mitigation strategies for these gases. The objective of this work was to analyze the effect of the application of strategic technologies on GHG emissions in typical livestock production systems of the southern region of San Luis. To do this, six case studies were analyzed in their current characteristics (SPA) and two proposals were raised to improve their production systems (SPM1 and SPM2), estimating emissions by  $\text{CH}_4$  through enteric fermentation and  $\text{N}_2\text{O}$  of the managed soils. The GHG emissions were characterized and comparison was made of the systems between their three states (SPA, SPM1 and SPM2) was conducted through an ANOVA. The "emissions per calf" were significantly higher ( $P < 0.001$ ) in the SPA than in the SPM1 and SPM2, emitting 33% and 36% less emissions than the SPA. In the case of "emissions per kg of live weight sold", emissions were significantly higher in the SPA compared to SPM2, emitting 25% less. The application of technologies not only reduce emissions but also improve the production of these systems. Therefore, the results show that the application of management practices in the production systems (animal load adjustment, herd rearrangement, pasture management, animal health, division of paddocks) have considerable potential to mitigate emissions of GHG in these systems.

**Keywords:** cow-calf and backgrounding, strategic technologies, stocking rate, nutritional management, rodeo management, sanitary calendar.

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático y sus consecuencias quizás sea uno de los desafíos para minimizar que más se destacan en la actualidad. Existen dos grandes acciones o estrategias para la mitigación de la emisión de los GEI, una relacionada con la implementación y promoción de actividades que reduzcan las emisiones de los gases (ej. IPCC, 2014), y otra, con actividades que capturen el  $\text{CO}_2$  del ambiente (sumideros) (ej. Lal, 2004).

La ganadería y en sus diferentes análisis, a nivel global contribuye con el 14,5% (Gerber *et al.*, 2013) de las emisiones, específicamente la producción de carne bovina es responsable del 41% (Opio *et al.*, 2013). En Argentina el sector ganadero emitió el 15% de las emisiones totales (Gobierno Argentino, 2017).

Estudios en sistemas ganaderos típicos de la región central Argentina estimaron emisiones de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  teniendo en cuenta tipos de sistemas de producción (cría, recría y terminación) y sostienen que el 76% de las emisiones son de  $\text{CH}_4$  y el 24% de  $\text{N}_2\text{O}$  aunque sus proporciones varían según el tipo de sistema (Nieto *et al.*, 2014b) y las categorías de los animales (Nieto *et al.*, 2015). Estos gases para los productores son pérdidas de energía y nutrientes y, por lo tanto, con resultados negativos para la producción (Opio *et al.*, 2013).

Los sistemas ganaderos bovinos extensivos en el sur de San Luis tienen características particulares y bien definidas en aspectos socioeconómicos, estructurales, sistema de producción, alimentación del ganado y manejo técnico (tipo de servicio reproductivo, tipo de pastoreo, boqueo, condi-

ción corporal, sanidad). A la vez, estos sistemas, según las características particulares que presenten, las emisiones son muy variables dependiendo fundamentalmente del manejo (sistema de pastoreo, boqueo, condición corporal, servicio reproductivo) que apliquen los productores en sus sistemas y la ausencia de ciertas prácticas de manejo son susceptibles para emitir más emisiones (Nieto *et al.*, 2016; Nieto *et al.*, 2015). Es importante identificar y cuantificar las emisiones generadas por las explotaciones para así identificar, conocer y recomendar nuevas tecnologías o diferentes prácticas ganaderas que puedan mitigar las emisiones y a la vez mejorar la producción. El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la aplicación de tecnologías estratégicas sobre las emisiones de GEI en sistemas productivos ganaderos típicos de la región del Departamento Juan Martín de Pueyrredón (en este estudio dpto. Capital) de la provincia de San Luis.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Teniendo en cuenta los sistemas de producción de la región sur del dpto. Capital y descriptos en Nieto *et al.* (2018) se seleccionaron seis casos que realizan cría. La información utilizada para este estudio fue recabada a través de una encuesta (junio-diciembre 2014) semiestructurada en la que se recopiló información sobre el tamaño y la estructura del sistema, la producción, alimentación del ganado, el manejo técnico (Nieto *et al.*, 2018).

Teniendo en cuenta las características actuales presentadas (SPA) en cada caso, se plantearon y simuló dos alternativas de mejoras con sus respectivos resultados po-

sibles teniendo en cuenta investigaciones realizadas principalmente por Frasinelli *et al.* (2003). Se propuso entre otros, según cada caso, reordenamiento del rodeo (eliminación o incorporación de categorías), nuevos potreros, implantación de pastura en área degradada, aplicación de un plan sanitario, boqueo, condición corporal, revisión de toros, estacionamiento del servicio, monitoreo del sistema. Así, se conformaron: Sistema de Producción Mejorado 1 (SPM1) y Sistema de Producción Mejorado 2 (SPM2). En SPM1 se plantea y simula la mejora del sistema de cría y en el SPM2, sobre la misma base pastoril se plantea y simula un cambio del sistema de cría a cría-recría.

Teniendo en cuenta los protocolos del nivel 2 del IPCC (2006) se estimaron emisiones de CH<sub>4</sub> por fermentación entérica (ecuaciones 10.3, 10.4, 10.6, 10.8, 10.13, 10.14, 10.15, 10.16, 10.17, 10.18, 10.19, 10.20, 10.21, 10.31, 10.32, 10.33) y N<sub>2</sub>O de suelos gestionados (ecuaciones 11.1, 11.5, y 11.11). En el caso de N<sub>2</sub>O se tuvo en cuenta el N de la orina y el estiércol depositado por animales de pastoreo en la pastura. Las estimaciones de emisiones para SPM1 y SPM2 se calcularon para cada uno de los casos que formaron parte de la encuesta. Así se formó un tamaño de muestra de seis casos por sistema. Las estimaciones fueron expresadas en CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq) (CH<sub>4</sub>= 25 y N<sub>2</sub>O= 298) (Forster *et al.*, 2007). Además, se expresaron en kg CO<sub>2</sub> eq por animal, por ternero, por hectárea, por equivalente vaca, por peso vivo animal y por kg de peso vivo vendido. Con los resultados obtenidos de las estimaciones de emisiones en sus tres situaciones (SPA, SPM1 y SPM2) y en sus distintas expresiones se realizó un ANOVA, y como prueba post-hoc se utilizó la HSD Tukey para comparaciones múltiples.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Escenarios actuales y propuestas de cambios tecnológicos

Las principales características de los seis casos del sistema actual (SPA) se detallan en la tabla 1 y están relacionadas con la estructura del sistema y con el manejo del animal. Son sistemas heterogéneos en sus dimensiones (superficie y carga animal), estructura (potreros), manejo del sistema (alimentación, sanidad, servicio, pastoreo) y producción y según investigaciones de Nieto *et al.* (2018) las seis encuestas seleccionadas para este análisis forman parte de los dos primeros grupos (Grupo I y II: conformando el 53% de de la muestra). Es importante destacar también que, según el caso, son sistemas con faltante de categorías (sin animales de reposición o vacas de crías viejas), sistema de pastoreo continuo, sistema reproductivo continuo y aplicación de alguna técnica de manejo animal. Son sistemas similares a gran parte de la región (Frasinelli *et al.*, 2003; Riedel y Frasinelli, 2013; Nieto *et al.*, 2014b).

Luego de analizar las características de cada caso de estudio, las tecnologías que sugieren o aplican distintos estudios para la mitigación de GEI (Steinfeld *et al.*, 2006; Neely *et al.*, 2009; Shibata y Terada, 2010; Grainger y Beauchemin, 2011; Hristov *et al.*, 2013; Gerber *et al.*, 2013; Becoña *et al.*, 2013; Picasso *et al.*, 2014; Blanco, 2014; Nieto *et al.*, 2014a, 2014b; Gutman *et al.*, 2015; Bogaerts *et al.*, 2016; Alemu *et al.*, 2017), las tecnologías disponibles de aplicación en la región (Aguilera, 2003; Frasinelli *et al.*, 2004a; b; Frasinelli, 2014; Frasinelli *et al.*, 2014a; Frasinelli *et al.*, 2014b; Frasinelli *et al.*, 2014c; Frasinelli *et al.*, 2014d; Ros-

Características	Casos					
	A	B	C	D	E	F
Superficie (ha)	256	3000	5900	800	400	140
N.º potreros	1	6	6	3	1	1
Ha/potrero	256	500	983	267	400	140
Peso medio/animal (kg)	258	292	317	345	249	176
Total EV	79,4	348	584,6	22,5	43,4	20,5
ha/EV/año	3,2	8,6	10,1	35,5	9,2	6,8
% muertes al año	3,2	2,2	1,3	3,8	10	8,3
Compran alimento	sí	sí	sí	no	no	no
Sistema de pastoreo	continuo	rotativo	rotativo	rotativo	continuo	continuo
Servicio reproductivo	estacionado	continuo	estacionado	continuo	continuo	continuo
Manejo animal	boqueo	boqueo	boqueo	boqueo	boqueo	ninguno
Sanidad	2 controles <sup>a</sup>	2 controles <sup>b</sup>	3 controles <sup>c</sup>	ninguno	ninguno	ninguno

**Tabla 1.** Principales características de los seis casos de estudios.

<sup>a</sup> revisión de toro y control de parásitos. <sup>b</sup> vacunas y control de parásitos. <sup>c</sup> revisión de toros, control de venéreas y vacunas

**Fuente:** Elaboración propia a partir de encuestas.

sanigo, 2016) se simularon los resultados obtenidos para el SPM1 y SPM2. Para ello y según el caso de estudio, se simuló la aplicación de estrategias de mejora que estuvieron relacionadas con:

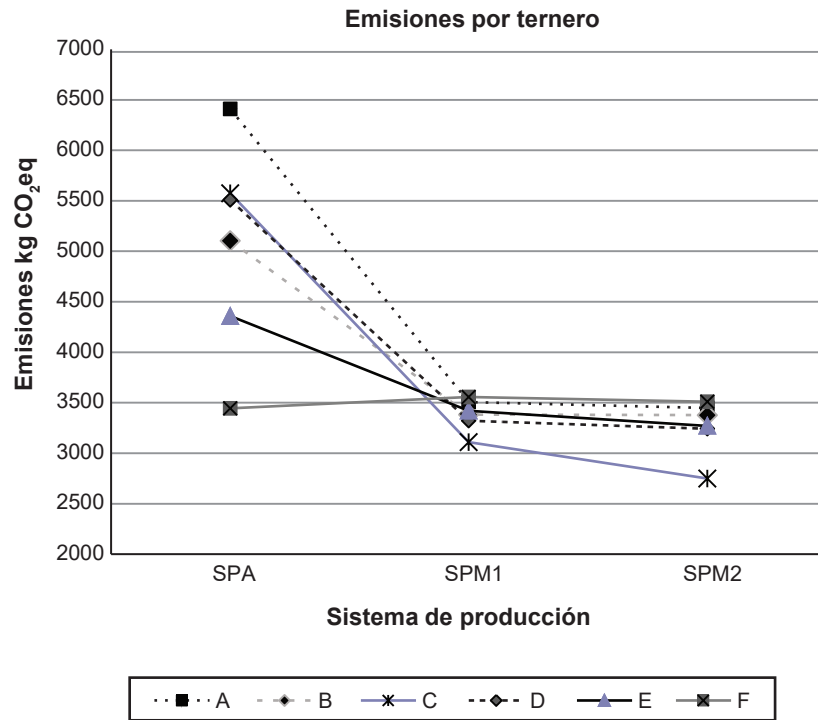
- **Ajuste de la carga.** En general, el ajuste implica una reducción de la carga. La sobrecarga es una situación generalizada aumentando la frecuencia e intensidad de usos de los pastizales con la consiguiente pérdida de especies valiosas. Este manejo, a su vez, afecta la producción animal.
- **Reordenamiento del rodeo.** Esto es manejar el sistema con las correspondientes categorías de reposición de vacas adultas viejas o vacías que deben salir del sistema todos los años. En general es del 20%. También la adecuada proporción de toros (5%).
- **Mayor apotreramiento.** Una mínima división que permita mejorar el uso y los descansos del pastizal. Así, con 3 divisiones se utiliza el mismo potrero en la misma época cada 2 años (Aguilera, 2003).
- **Ordenamiento de la parición.** Esto es fijar la fecha de servicio de manera que el mayor porcentaje de parición coincida con la mejor oferta de calidad del forraje para la región, es decir, fines de noviembre y principios de diciembre. El rodeo no debería iniciar el servicio antes del 15 de enero.
- **Aplicación del manejo sanitario regional.** Se aplican las vacunas según la categoría del rodeo para prevenir enfermedades. Se destaca el tratamiento anual de toros antes del ingreso al servicio para evitar enfermedades de la reproducción.
- **Monitoreo del estado del animal.** Seguimiento del estado nutricional del rodeo a través de la condición corporal. Esta debe permanecer entre 3,0 y 3,5 en la escala de 1 a 5 (Frasinelli, 2004a), sobre todo al inicio del servicio para asegurar mejores porcentajes de preñez. Durante el período de lactancia según las condiciones climáticas, las reservas corporales pueden disminuir, entonces se debe realizar el destete para disminuir los requerimientos nutricionales. Según la rigurosidad climática puede ser destete precoz, anticipado o normal (180 días de edad). Lo importante es ingresar al período invernal con adecuadas reservas corporales. También, antes de ingresar al invierno (2 meses después de finalizado el servicio) se debe realizar el diagnóstico de preñez.
- **Implantación de pasturas.** En el mercado hay disponibilidad de semillas nativas y exóticas de gran adaptación en regiones áridas. Los sitios del pastizal natural con mayor degradación y por ende de muy baja o nula producción primaria se pueden sembrar con equipos especiales

Casos	Total animales	Pasto natural (%)	Pasto implantado (%)	Equivalentes vaca (EV)	Carga (ha/EV/año)	Destete (%)	Producción (kg/ha/año)
1	SPA <sup>a</sup>	93		79,4	3,2		12,9
	SPM <sup>b</sup>	47	100	26,2	9,8		14,1
	SPM <sup>b</sup>	34		25,1	10,2	85	14,9
2	SPA <sup>a</sup>	465		348	8,6	56	9,2
	SPM <sup>b</sup>	546	100	300,5	10	85	14,9
	SPM <sup>b</sup>	403		301,8	9,9		16,4
3	SPA <sup>a</sup>	898	100	548,6	10,1	66,5	9,8
	SPM <sup>b</sup>	1628	85	883,5	6,7	86	22,7
	SPM <sup>b</sup>	1185	85	884,5		85	24,6
4	SPA <sup>a</sup>	26		22,5	35,5	53,3	4,5
	SPM <sup>b</sup>	123	100	66,6	12	85	12,2
	SPM <sup>b</sup>	88		65,8	12,2		13
5	SPA <sup>a</sup>	50		43,4	9,2	53,3	8,4
	SPM <sup>b</sup>	61	100	33,6	11,9	85	12
	SPM <sup>b</sup>	43		32,5	12,3		12,2
6	SPA <sup>a</sup>	24		20,5	6,8	53	7,7
	SPM <sup>b</sup>	25	100	14	9,9	85	15
	SPM <sup>b</sup>	19		14			15,9

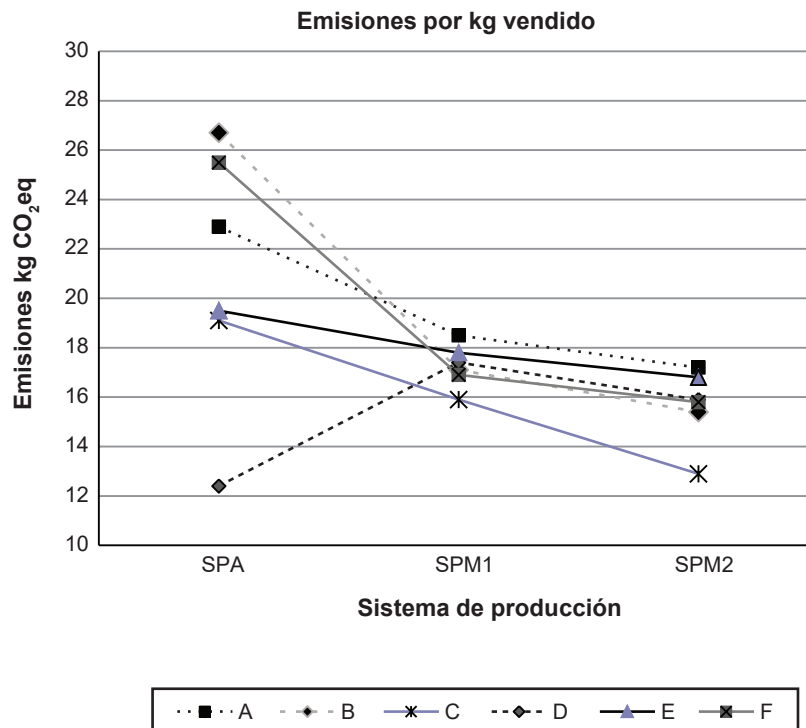
**Tabla 2.** Principales características de SPA, SPM1 y SPM2 en los estudios de casos.

<sup>a</sup>Elaborados en función de datos de las encuestas. <sup>b</sup>Estimados en función de las propuestas planteadas y simuladas.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 1.** Emisiones por ternero de los sistemas de los casos de estudio en sus tres situaciones (kg CO<sub>2</sub> eq).



**Figura 2.** Emisiones por kg peso vivo vendido de los sistemas de los casos de estudio en sus tres situaciones (kg CO<sub>2</sub> eq).

Emisiones por:	Emisiones (kg CO <sub>2</sub> eq) ± Desviación Estándar (DE)						Sig <sup>1</sup>
	SPA	DE	SPM1	DE	SPM2	DE	
<b>Animal</b>	1453 <sup>a</sup>	±2129	1387 <sup>a</sup>	±43,2	1838 <sup>b</sup>	±126,8	***
<b>ha</b>	234	±148	259	±54,0	248	±41,6	ns
<b>Ternero</b>	5066 <sup>b</sup>	±1038	3384 <sup>a</sup>	±158,1	3267 <sup>a</sup>	±273,2	***
<b>Peso animal</b>	5,24 <sup>b</sup>	±0,2	5,22 <sup>b</sup>	±0,1	2,35 <sup>a</sup>	±0,2	***
<b>EV</b>	1808 <sup>a</sup>	±425,5	2516 <sup>b</sup>	±54,8	2462 <sup>b</sup>	±171,3	***
<b>kg peso vivo vendido</b>	21,0 <sup>b</sup>	±5,2	17,3 <sup>ab</sup>	±0,9	15,7 <sup>a</sup>	±1,5	*

**Tabla 3.** Comparación de emisiones de SPA, SPM1 y SPM2 (kg CO<sub>2</sub> eq).

<sup>1</sup>= ns = no significativo, \* = P<0,05, \*\*\* = P<0,001.

Fuente: Elaboración propia.

(rolos). De esta manera se puede mejorar la receptividad del sistema y simplificar el manejo del pastizal.

Con estas estrategias propuestas y simuladas se ha procurado, entre otros, la mejora del estado nutricional y sanitario del rodeo lo que aseguraría altos niveles reproductivos como los propuestos en los sistemas mejorados. En la tabla 2 se observan los resultados obtenidos luego de la simulación de la aplicación de las propuestas de mejoras. Se pueden observar las diferencias en los indicadores productivos como el porcentaje de destete y la mejora en la producción de la situación inicial y las propuestas mejoradas simuladas.

### Emisiones de GEI de los casos de estudio

La proporción de emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O son similares en las tres situaciones (SPA y SPM1 y SPM2), 84% de CH<sub>4</sub> y 16% de N<sub>2</sub>O. Dichas proporciones difieren de estudios realizados por Nieto *et al.* (2014b) con 76% y 24% respectivamente.

En la figura 1 y en la figura 2 se detallan las emisiones según se estimen por ternero y por kg vendido de los seis casos en sus sistemas actuales (SPA) y mejorados (SPM1 y SPM2). Se puede observar que, con la aplicación de tecnologías de mejora las emisiones disminuyen en todos los casos y en las dos situaciones (SPM1 y SPM2). Así, las emisiones de los casos B y F son los que mayor emisión producen por kg peso vivo vendido, que, con las aplicaciones de tecnologías disminuyen considerablemente sus emisiones. En el caso de F se trata de un sistema que no tiene subdivisiones del campo, no compra alimentos, sistema de pastoreo y reproductivo continuo, no aplica ningún manejo animal ni manejo sanitario.

Dependiendo de cada caso, en las propuestas de mejoras se modificaron diversas variables de producción: aumentar el porcentaje de destete y la producción (kg de carne/ha/año) y a la vez disminuir las emisiones. Estos resultados coinciden con otros estudios (Moss *et al.*, 2000; DeRamus *et al.*, 2003; Ominski y Wittenberg, 2006; Shibata y Terada, 2010; Hristov, *et al.*, 2013; Nieto *et al.*, 2014b; Gutman, *et al.*, 2015).

Los gases emitidos en los SPA y SPM1 y SPM2 son muy variables. Sus valores dependen desde qué punto de vista fueron observados (emisiones por animal, hectárea, ternero, peso animal, EV, kg peso vivo vendido). Los resultados del ANOVA para la comparación de las emisiones del SPA y de SPM1 y SPM2 arrojaron diferencias significativas para casi la totalidad de las variables dependientes a excepción de emisiones por unidad de superficie (tabla 3).

En "emisiones por animal" fueron significativamente superiores (P<0,001) en el SPM2 que en el SPA y SPM1 emitiendo estos un 21% y un 24,5% menos que el SPM2. En "emisiones por ternero" fueron significativamente superiores (P<0,001) en el SPA que en los SPM1 y SPM2 emitiendo un 33,2% y un 35,5% menos que el SPA. En "emisiones por peso animal" fueron significativamente superiores (P<0,001) en SPA y SPM1 que en SPM2 emitiendo este un 55,2% y un 55,0% menos de emisiones, respectivamente. En "emisiones por EV" fueron significativamente superiores en SPM1 y SPM2 respecto al SPA emitiendo este último un 28% y un 26,6% menos de emisiones respectivamente. Por último, en "emisiones por kg de peso vivo vendido" fueron significativamente superiores en el SPA respecto al SPM2 emitiendo este un 25,2% menos de emisiones.

### CONCLUSIONES

Los sistemas de producción mejorados propuestos y simulados (SPM1 y SPM2) resultan favorables por sus menores emisiones de GEI respecto a la situación en cada caso. Con la mejora del sistema (SPM1) que tiene el productor disminuyen sus emisiones y mayor aun con la propuesta de mejora dos (SPM2). Por lo que es posible que, a través de la adopción de tecnologías relacionadas principalmente con la alimentación y con el manejo del animal, no solamente se puedan disminuir las emisiones de GEI, sino también obtener una mejora en la producción.

### AGRADECIMIENTOS

Este estudio recibió el apoyo financiero del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina. Los

autores agradecen a los productores que colaboraron con información de sus establecimientos para realizar el estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, M. 2003. Uso ganadero de los Pastizales Naturales de San Luis. En: AGUILERA, M.O.; PANIGATTI, J.L. (Ed.). Con las metas claras. 40 años en favor del desarrollo sustentable. EEA San Luis. 89-124 pp.
- ALEMU, A.W.; AMIRO, B.D.; BITTMAN, S.; MACDONALD, D.; OMINSKI, K.H. 2017. Greenhouse gas emission of Canadian cow-calf operations: A whole-farm assessment of 295 farms. *Agricultural Systems* 151, 73-83.
- BECOÑA, G.; LEDGARD, S.; WEDDERBURN, E. 2013 A comparison of greenhouse gas emissions from Uruguayan and New Zealand beef systems. *Agrociencia Uruguay* 17 (1) 120-130.
- BLANCO, G. 2014. Evaluación de necesidades tecnológicas. Suelos, producción agropecuaria y cambio climático: avances en la Argentina. Eje Temático 4: Tecnologías para la adaptación y mitigación del cambio climático. Sección 4.1: Tecnologías. Capítulo 33.
- BOGAERTS, M.; CIRHIGIRI, L.; ROBINSON, I.; RODKIN, M.; HAJJAR, R.; COSTA JUNIOR, C.; NEWTON, P. 2016. Climate change mitigation through intensified pasture management: Estimating greenhouse gas emissions on cattle farms in the Brazilian Amazon. CCAFS Working paper n.º 188.
- DERAMUS, H.A.; CLEMENT, T.C.; GIAMPOLA, D.D.; DICKINSON, P.C. 2003. Methane emissions of beef cattle on forages: Efficiency of grazing management systems. *Journal of Environmental Quality* 32, 269-277.
- FORSTER, P.; RAMASWAMY, V.; ARTAXO, P.; BERNTSEN, T.; BETTS, R.; FAHEY, D.W.; HAYWOOD, J.; LEAN, J.; LOWE, D.C.; MYHRE, G.; NGANGA, J.; PRINN, R.; RAGA, G.; SCHULZ, M.; VAN DORLAND, R. 2007. Changes in Atmospheric constituents and in radiative forcing. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Chapter 2.* 234 p.
- FRASINELLI, C.A. 2014. Sistema de cría sobre la base de digitaria (*Digitaria eriantha* Steudel subsp. *eriantha*) como único recurso pastoril. Sistemas bovinos sobre gramíneas megatérmicas perennes en San Luis. 17-21.
- FRASINELLI, C.A.; CASAGRANDE, H.J.; VENECIANO, J.H. 2004a. La condición corporal como herramienta de manejo en rodeos de cría bovina. *Información Técnica* 168, 16 p.
- FRASINELLI, C.A.; MAGALLANES, C.; RIEDEL, J.L.; BELGRANO RAWSON, A.; VENECIANO, J.H.; MARTINI, J.P. 2014a. Sistema de cría sobre la base de pasto llorón (*Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees) como único recurso pastoril. Sistemas bovinos sobre gramíneas megatérmicas perennes en San Luis. 22-26 pp.
- FRASINELLI, C.A.; MOLINERO, H.B.; ROSSANIGO, C.E. 2014b. Sistema de cría sobre la base de pastizal y pasto salinas (*Cenchrus ciliaris* L.): Establecimiento "La Pasión" Sistemas bovinos sobre gramíneas megatérmicas perennes en San Luis. 47-54 pp.
- FRASINELLI, C.A.; PANZA, A.A.; VENECIANO, J.H. 2014c. Sistema de cría sobre la base de pasto llorón y digitaria todo el año: Cría sobre pasto llorón y digitaria sin fertilización en establecimiento "Don Hernán". Sistemas bovinos sobre gramíneas megatérmicas perennes en San Luis. 27-33 pp.
- FRASINELLI, C.A.; PANZA, A.A.; VENECIANO, J.H.; FRIGERIO, K.L. 2014d. Sistema de cría sobre la base de pasto llorón y digitaria todo el año: Sistema de cría sobre la base de pasto llorón y digitaria fertilizados todo el año establecimiento "Don Hernán". Sistemas bovinos sobre gramíneas megatérmicas perennes en San Luis. pp 34-40 pp.
- FRASINELLI, C.A.; VENECIANO, J.H. 2014. Introducción. Sistemas bovinos sobre gramíneas megatérmicas perennes en San Luis. 13-14.
- FRASINELLI, C.A.; VENECIANO, J.H.; BELGRANO RAWSON, A.J.; FRIGERIO, K.L. 2003. Sistemas extensivos de producción bovina: productividad y rentabilidad. En: Aguilera, M.O.; Panigatti, J.L. (Ed.). Con las metas claras. La EEA San Luis: 40 años en favor del desarrollo sustentable. INTA. 141-157.
- FRASINELLI, C.A.; VENECIANO, J.H.; DIAZ, J. 2004b. Sistema de cría bovina en San Luis. Estructura, manejo e indicadores económicos. *Información Técnica. Vol. 166.* 88 p.
- GERBER, P.J.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B.; MOTTET, A.; OPIO, C.; DIJKMAN, J.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G. 2013. Tackling Climate Change through Livestock a Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities. FAO, Roma.
- GOBIERNO ARGENTINO. 2017. Inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Segundo informe bienal de actualización de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. República Argentina. Capítulo 2, 37-69.
- GRAINGER, C.; BEAUCHEMIN, K.A. 2011. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? *Animal Feed Science and Technology* 166-67, 308-320.
- GUTMAN, V.; FELDKAMP, C.; CAÑADA, P. 2015. Estudio de potencial de mitigación. Ganadería bovina de carne. 3 Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Agricultura, Ganadería y cambio de uso del suelo y silvicultura. Volumen 3. 59 p.
- HRISTOV, A.N.; OTT, T.; TRICARICO, J.; ROTZ, A.; WAGHORN, G.; ADESOGAN, A.; DIJKSTRA, J.; MONTES, F.; OH, J.; KEBREAB, E.; OOSTING, S.J.; GERBER, P.J.; HENDERSON, B.; MAKKAR, H.P.S.; FIRKINS, J.L. 2013. Special topics-Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: III. A review of animal management mitigation options. *Journal of Animal Science* 91, 5095-5113.
- IPCC. 2006. IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Agriculture, forestry and land use. IGES. Volumen 4. . Capítulo 10. 1-10.87. 10 p. Kanagawa, Japón.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. En: EDENHOFER, O.; PICHES-MADRUGA, R.; SOKONA, Y.; FARAHANI, E.; KADNER, S.; SEYBOTH, K.; ADLER, A.; BAUM, I.; BRUNNER, S.; EICKEMEIER, P.; KRIEMANN, B.; SAVOLAINEN, J.; SCHLÖMER, S.; VON STECHOW, C.; ZWICKEL, T.; MINX, J.C. (Eds). 1435 p.
- LAL, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304:1623-1627
- MOSS, A.R.; JOUANY, J.P.; NEWBOLD, J. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Annales Zootechnie* 49, 231-253.
- NEELY, C.; BUNNING, S.; WILKES, A. 2009. Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change: Implications and opportunities for mitigation and adaptation. *Land and Water Discussion Paper 8.* FAO United Nations. 39 p.
- NIETO, M.I.; BARRANTES, O.; PRIVITELLO, L.; REINÉ, R. 2018. Greenhouse Gas Emissions from Beef Grazing Systems. in Semi-Arid Rangelands of Central Argentina. *Sustainability*, 10, 4228.
- NIETO, M.I.; BENGOLEA, A.; GUZMÁN, M.L.; LUNA TOLEDO, L.; CELDRÁN, D.; FRIGERIO, K. 2014a. Cambio climático y actividades agro-ganaderas: percepciones y actitudes de los produc-

tores de la provincia de San Luis. Sistema de Producción. Revista Argentina de Producción Animal 34 (1) 276-276.

NIETO, M.I.; FRIGERIO, K.; PRIVITELLO, L.; LEPORATI, J.; BRAVO, B.; REINÉ, R. BARRANTES, O. 2016. Manejo en sistemas extensivos bovinos y emisiones de gases de efecto invernadero en el Sur de San Luis, Argentina. Sistema de Producción. Revista Argentina de Producción Animal, Vol 36. Supl.1: 71-141. 39 Congreso Argentino de Producción Animal.

NIETO, M.I.; GUZMÁN, M.L.; STEINAKER, D. 2014b. Emisiones de gases de efecto invernadero: simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias 40 (1) 92-101.

NIETO, M.I.; PRIVITELLO, M.J.L.; BENGOLEA, A.; LEPORATI, J.L.; RIEDEL, J.L.; BELGRANO RAWSON, A.; REINÉ, R.; BARRANTES, O. 2015. Los sistemas ganaderos bovinos y los gases de efecto invernadero en el sur de San Luis. Comunicación. Revista Argentina de Producción Animal 35, Supl.1: 83-136.

OMINSKI, K.H.; WITTENBERG, K.M. 2006. Strategies for reducing enteric methane emissions in forage based beef production systems. Climate Change and Managed Ecosystems. International Conference on "Science of Changing Climates-Impact on Agriculture, Forestry and Wetlands" CRC Press 261-272.

OPIO, C.; GERBER, P.; MOTTET, A.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G.; MACLEOD, M.; VELLINGA, T.; HENDERSON, B.; STEINFELD, H. 2013. Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains A global life cycle assessment. FAO. 191 p.

PICASSO, V.D.; MODERNEL, P.D.; BECOÑA, G.; SALVO, L.; GUTIÉRREZ, L.; ASTIGARRAGA, L. 2014. Sustainability of meat production beyond carbon footprint: a synthesis of case studies from grazing systems in Uruguay. Meat Science 98, 346-354.

RIEDEL, J.L.; FRASINELLI, C.A. 2013. Los sistemas de producción bovina de la provincia de San Luis, Argentina. Oportunidades y desafíos. 3.º Simposio Internacional sobre producción animal. Utilización de forrajes en la nutrición de rumiantes.

ROSSANIGO, C. 2016. La salud animal en los sistemas ganaderos bovinos en la región semiárida-húmeda del centro de la Argentina. Producción científico-técnica del INTA San Luis. 101-130 pp.

SHIBATA, M.; TERADA, F. 2010. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. Animal Science Journal 81, 2-10.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; DE HAAN, C. 2006. Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options. FAO of the United Nations. 465 p.