

Recibido 18 de julio de 2017 // Aceptado 27 de marzo de 2018 // Publicado online 26 de septiembre de 2018

Modelación productiva, económica y emisión de metano en sistemas de cría vacuna de Bahía Blanca y Coronel Rosales

FERNÁNDEZ ROSSO, C.^{1,2}; LAURIC, A.³; DE LEO, G.A.³; BILOTTO, F.^{1,2}; TORRES CARBONELL, C.³; MACHADO, C.F.^{2,4}

RESUMEN

El objetivo de este estudio de simulación fue evaluar la respuesta productiva, económica, emisión de metano y el valor marginal del agregado de alimento extra (VMA) en diferentes sistemas la cría vacuna de Bahía Blanca y Coronel Rosales. Se utilizó información regional y un modelo de simulación dinámico bioeconómico y ambiental (SIMUGAN) para evaluar cuatro planteos ganaderos basados en la incorporación tecnológica de pasturas perennes y prácticas de manejo como el tipo de destete: Tradicional (Trad), Transicional 1 (Trans1), Transicional 2 (Trans2) y Tecnificado (Tecn). El aumento en productividad se asoció positivamente con el margen bruto [$MB(\$ / ha) = -1488,6 + 30,2 \times \text{producción de carne kg/ha/año}$, $R^2 0,99$] y con menor intensidad de emisión de metano [$IMC(\text{kgCH}_4\text{CO}_2\text{-e/kg peso vivo producido}) = 20,4 - 0,1 \times \text{producción de carne}$, $R^2 0,98$]. El VMA ($\$/\text{KgMS/ha}$), en calidad de indicador sistémico de oportunidades de suplementación estratégica, fueron mayores en los planteos Trad y Trans1 que en Trans2 y Tecn. En líneas generales, los distintos planteos simulados presentaron un mayor VMA durante las estaciones de invierno y primavera por sobre la distribución anual de alimento extra. El presente análisis integral permitió identificar y cuantificar oportunidades de mejora en la productividad de estos sistemas incorporando pasturas permanentes.

Palabras clave: bovino carne, pastura, tecnología.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the productive, economic, methane emissions performance and the marginal value of additional feed (MVF) for the different cow-calf systems from Bahía Blanca and Coronel Rosales. A dynamic "whole-farm" model (SIMUGAN) and regional data was used to evaluate four cow-calf system scenarios based on changes in pasture area and management policies as the weaning date: Traditional (Trad), Transitional 1 (Trans1), Transitional 2 (Trans2) and High Technology (HTech). The increase in productivity was positively associated with gross margin [$GM(\$ / ha) = -1488.6 + 30.2 \times \text{beef production}$, $R^2 0.99$] and negatively associated with methane emission intensity [$IMC(\text{kgCH}_4\text{CO}_2\text{-e/kg live weight produced}) = 20.4 - 0.1 \times \text{production}$, $R^2 0.98$]. The MVF ($\$/\text{KgMS/ha}$) is a systemic indicator for strategic supplementation opportunities, and Trad and Trans1 achieved higher values than Trans2 and Tecn. Overall, the scenarios showed higher VMA when during winter and spring seasons, followed by the annual feeding. This global assessment showed positive opportunities for improving system productivity based on perennial pastures.

Keywords: beef cattle, pasture, technology.

¹Centro de Investigación Veterinaria de Tandil (CIVETAN). Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires (UNCPBA), CONICET, Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICBA). Correo electrónico: cfernandezrosso@gmail.com

²Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, (UNCPBA), Facultad de Ciencias Veterinarias, Tandil, Argentina.

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA), Bordenave, Agencia de Extensión Rural (AER), Bahía Blanca, Coronel Rosales.

⁴Red Interinstitucional de Modelación Agropecuaria Buenos Aires Sur (MODASUR).

INTRODUCCIÓN

Los partidos de Bahía Blanca y Coronel Rosales están ubicados en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Poseen una superficie total de 360 mil hectáreas y concentran 128 mil cabezas de bovino (MinAgro, 2015). El clima de la zona es semiárido, con una importante variación estacional e interanual de las precipitaciones. Ambos partidos cuentan con 402 explotaciones agropecuarias, donde la mayor proporción se encuentra en el rango de 200 a 800 ha (INDEC, 2000). Las explotaciones son predominantemente ganaderas con bajos niveles de adopción tecnológica (Torres Carbonell, 2014), donde se han estudiado modelos productivo-económico para identificar oportunidades de mejora (Gargano y Adúriz, 2000). Recientemente, Lauric *et al.* (2016) mencionaron que es importante el desarrollo permanente de tecnologías que permitan la estabilidad productiva, económica, ambiental y social de los sistemas a largo plazo, y en ese sentido es relevante poder cuantificar senderos tecnológicos de progreso sustentable desde las condiciones imperantes.

En el contexto del cambio climático, la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es un tema de importancia a nivel internacional (Faverin *et al.*, 2014). El relevamiento nacional muestra que la agricultura y ganadería son los responsables del 27,8% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. De estas últimas, el 41% de las emisiones corresponde a la ganadería, donde el metano entérico es la fuente de mayor peso en las emisiones vacunas con un valor mayor al 70% (SAyDS, 2015). La aplicación de tecnologías y prácticas de manejo que aumenten la productividad del sistema permiten mitigar emisiones de GEI por unidad de producto (Herrero *et al.*, 2016).

Los modelos de simulación a nivel productor (“*whole-farm*”) constituyen una herramienta de investigación de uso creciente que permite explorar preliminarmente impactos potenciales de diferentes tecnologías (Machado y Berger, 2012; Berger *et al.*, 2017). En línea con esta metodología, Moore *et al.* (2014), los destacan como herramientas indispensables para comprender y evaluar holísticamente los efectos específicos de distintas políticas y acciones de mitigación de GEI, a los que debe incorporarse factores de emisión locales cuando están disponibles (Bábaro *et al.*, 2008). En este trabajo se plantea la utilización de esta herramienta para el análisis de senderos tecnológicos centrados en aspectos productivos y económicos y la evaluación de oportunidades de mitigación de metano como el principal GEI (Crosson *et al.*, 2011).

El valor marginal del agregado de alimento extra (VMA) es un indicador económico que cuantifica el impacto del valor de un kg MS o MJ de energía metabolizable extra en la rentabilidad de un sistema de producción (Bell *et al.*, 2008). Esta metodología permite estudiar la capacidad de respuesta bioeconómica del sistema, y como tal se ha utilizado recientemente en sistemas de cría de la Cuenca del Salado (Berger *et al.*, 2017). El objetivo de este estudio de simulación fue evaluar la respuesta productiva, económica, emisión de metano entérico y fecal y el valor marginal del

agregado de alimento extra (VMA) en diferentes sistemas la cría vacuna de Bahía Blanca y Coronel Rosales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en la parte sur de la provincia fitogeográfica del “Espinal”, y se la conoce como el “Caldén” o “Pampeano” y abarca los partidos de Bahía Blanca y Coronel Rosales. El clima es semiárido con una temperatura media anual de 15,3 °C. La precipitación anual, que ocurre principalmente en otoño y primavera, varía de 350 a 550 mm (Gaur y Squires, 2017). Los suelos predominantes a nivel de orden son los Molisoles y los Entisoles (INTA, 2000; Mengistu, 2006).

En los sistemas productivos de cría vacuna de la zona se describen tres perfiles productivos (Lauric *et al.*, 2017), y por mayor representatividad se consideró en este estudio el sistema modal “Tradicional” (Trad) como modelo base y el “Tecnificado” (Tecn) acorde a lo reportado por (Lauric *et al.*, 2016). A estos sistemas reales extremos Trad y Tecn, se adicionaron dos sistemas artificiales denominados “Transicional 1” (Trans1) y “Transicional 2” (Trans2) a los fines de construir y evaluar un posible sendero de adopción tecnológica (Wilson, 2008). Los cuatro planteos definidos difieren entre sí principalmente en la oferta forrajera (tipo de recurso y ocupación del suelo), y manejo de los animales que incluyen la fecha de destete y el manejo diferencial de recursos para las categorías y la carga animal, bajo la forma de 4 sistemas diferentes (tabla 1).

Se utilizó el modelo de simulación “*whole-farm*” SIMUGAN (Machado *et al.*, 2010). Es un modelo biofísico, web, dinámico diario, basado en criterios/reglas de manejo, y basado en computación distribuida para un mayor poder de cálculo (Arroqui *et al.*, 2015). Está orientado a establecimientos ganaderos de cría, recría y ciclo completo vacuno y provee resultados reproductivos, productivos, económicos, y de producción de metano entérico y fecal. Los indicadores de eficiencia utilizados fueron: porcentaje de preñez (% preñez), porcentaje de destete (% destete) tal como los utilizados por Berger *et al.* (2017). Adicionalmente se calculó la producción de carne total anual (kg peso vivo/ha/año), producción de kg de ternero/as (kg ternero/as/ha/año) y la eficiencia de stock (%). La eficiencia económica se calculó con el margen bruto (MB, \$/ha/año) definido por la diferencia entre ingresos netos y los costos directos (AACREA, 1990) utilizando la información de precios de la revista Márgenes Agropecuarios (Arbolave, 2017). La emisión de metano entérico y fecal (CH₄) se estimó con las ecuaciones Tier 2 (IPCC, 2006) expresándose como intensidad de emisiones de metano (IMC, kgCH₄CO₂e/kg peso vivo producido) acorde con reportes internacionales (Gerber *et al.*, 2013) a la que se adicionó la emisión de metano total (EM, kgCH₄CO₂e/ha). Las emisiones de CH₄ por kg vivo se convirtieron a kg de res con un rendimiento de 57% (Garriz, 2012). Finalmente, se estimaron las regresiones lineales entre la producción de carne con el MB, y la producción de carne con IMC.

Para la construcción de los planteos a simular se trabajó con la superficie modal de 504 hectáreas efectivas ganaderas sobre la que se plantearon alternativas acordes con los objetivos del presente trabajo. El rodeo de base era de 180 vacas (entre 3 y 10 años), 7 toros (4%) y las vaquillonas de reposición. El servicio estacionado se realizó entre el 1 de noviembre y el 31 de enero. El tacto fue en abril, momento en el cual se venden las vacas vacías como vaca descarte. Al destete (fecha variable para cada planteo, ver tabla 1) se venden todos los terneros, excepto el % de retención de hembras que ingresarán a servicio a los 27 meses de

edad para todos los escenarios. Los terneros destetados precozmente en el planteo Tecn, se mantienen en el campo y se suplementan al 2% del peso vivo hasta alcanzar los 210 kg peso vivo para venta. La carga global de los diferentes planteos fueron 0,6; 0,56; 0,51 y 0,5 EV/ha para Trad, Trans1, Trans2 y Tecn, respectivamente. Se asumió un rodeo sin problemas sanitarios y una persona con dedicación completa para todos los escenarios.

La producción de forraje promedio anual y por estación (promedio \pm error estándar), y las digestibilidades para cada recurso forrajero se muestran en tabla 2 (Torres Carbonell, 2014).

	Tradicional	Transicional 1	Transicional 2	Tecnificado
Vacas entoradas (n.º)	225	225	211	211
Reposición de Vaquillonas (%)	20	20	15	15
Destete (meses)	Tradicional (6-8)	Anticipado (4-6)	Anticipado (4-6)	Precoz (2-4)
Uso de la tierra (%/superficie)				
Campo natural <i>Stipa sp.</i>	59	43	26	10
Pasto llorón <i>E. cúrvara</i>	0	10,5	21,5	32
Agropiro <i>T. ponticum</i>	0	10,5	21,5	32
Sorgo <i>Sorghum spp</i>	13	11	10	8
Avena <i>Avena sp</i>	23	20	16	13
Rastrojo de trigo	5	5	5	5
Cadena forrajera estacional				
DEF	CN/S/R	CN/S/R	Vacas: CN/Ag/L/R Vaquillonas: Ag/L	Vacas: CN/Ag/L/R Vaquillonas: Ag/L
MAM	CN/S*	CN/S*	Vacas: CN/S*/L Vaquillonas: Ag	Vacas: CN/S*/L Vaquillonas: Ag
JJA	S*/CN/A	S*/CN/A	Vacas: S*/CN Vaquillonas: A/Ag	Vacas: S*/CN Vaquillonas: A/Ag
SON	A/CN	A/CN	Vacas: CN/L/A vaquillonas: Ag/A	Vacas: CN/L/A Vaquillonas: Ag/A

Tabla 1. Caracterización de los 4 planteos productivos. Tabla elaborada para la presente edición. CN: Campo natural, Pasto llorón: L, Agropiro: Ag, Sorgo: S, Avena: A, Rastrojo de trigo: R, * uso diferido a partir de mayo, DEF: diciembre-enero-febrero (verano), MAM: marzo-abril-mayo (otoño), JJA: junio-julio-agosto (invierno), SON: septiembre-octubre-noviembre (primavera).

	Stipa	Sorgo Forrajero	Avena	Pasto Llorón	Agropiro
DEF	139 \pm 17	3562 \pm 558	0	1392 \pm 159	728 \pm 103
MAM	256 \pm 38	1778 \pm 214	915 \pm 159	905 \pm 97	858 \pm 120
JJA	60 \pm 16	0	362 \pm 80	0	443 \pm 78
SON	967 \pm 88	0	1772 \pm 169	1980 \pm 130	1587 \pm 111
Producción anual (kg/ha/año)	1422 \pm 149	5340 \pm 628	3049 \pm 286	4277 \pm 277	3616 \pm 242
Digestibilidad MS (%)	57	64	73	58	66

Tabla 2. Oferta forrajera anual y por estación (promedio \pm error estándar) y digestibilidad para cada recurso (Torres Carbonell, 2014). Tabla elaborada para la presente edición. DEF: diciembre-enero-febrero (verano), MAM: marzo-abril-mayo (otoño), JJA: junio-julio-agosto (invierno), SON: septiembre-octubre-noviembre (primavera).

El VMA (\$/KgMS) se determinó a través de la diferencia entre el MB de los planteos productivos descriptos previamente y el MB cuando se adicionó el 10% (materia seca) de alimento extra, dividiéndolo por la cantidad total suministrada de [Eq. 1, (McEvoy *et al.*, 2011)].

$$\text{VMA (\$/KgMS)} = \Delta \text{MB (\$/ha)} / \text{forraje extra (KgMS/ha)}$$

El 10% del alimento extra se distribuyó en 5 alternativas diferentes, de forma homogénea a lo largo del año (Anual, 0,83% para cada mes del año), agregando la totalidad del alimento solamente en una de las cuatro estaciones, otoño (MAM), invierno (JJA), primavera (SON), o verano (DEF), lo cual implicó que para cada mes de estas estaciones se asignó 3,33% de la masa forrajera anual. En resumen, se modelaron 20 alternativas a partir de 4 planteos productivos (Trad, Trans1, Trans2 y Tecn) y 5 alternativas de agregado del alimento (anual, DEF, MAM, JJA, SON). El análisis de VMA se realizó comparando valores dentro de cada planteo productivo acorde a McEvoy *et al.* (2011).

RESULTADOS

Eficiencia productiva

Los índices reproductivos y productivos se resumen en la tabla 3. La preñez aumentó desde Trad hasta Tecn. Acorde con el manejo del destete definido inicialmente, el peso del

destete disminuyó de acuerdo a los días promedio al pie de la madre. Los kg de ternero vendidos por vaca entorada aumentaron a medida que se evolucionó en intensificación tecnológica, donde Tecn incrementó los kg de ternero vendido en un 80% con respecto al Trad.

La producción de carne, la producción de kg de terneros/as y la eficiencia de stock (tabla 1) aumentaron gradualmente desde Trad hasta Tecn. El Tecn mostró un incremento del 63% en la producción de carne total, y un incremento del 69% en la producción de terneros/as, ambas variables comparadas con el planteo Trad. En cuanto a la eficiencia de stock del Tecn aumenta en un 50% con respecto al Trad.

Eficiencia económica

El MB aumentó a medida que evolucionó desde Trad hasta Tecn (tabla 3). El sistema Tecn incrementó el MB 3,4 veces con respecto al Trad. El aumento en productividad se asoció positivamente con el margen bruto ($\text{MB} = -1488,6 + 30,2 \times \text{producción de carne kg/ha/año}$, $R^2 0.99$). Los planteos Trad y Trans1 lograron mayores valores de VMA al compararlos con el Trans2 y el Tecn (tabla 4). En el planteo Trad el mayor valor se logró en los meses de JJA y SON, levemente superiores al suministro Anual. En el caso de Trans1 y Trans2, el mayor valor marginal se produjo en SON y Anual. En el Tecn el mayor valor marginal fue en JJA y SON.

	Tradicional	Transicional 1	Transicional 2	Tecnificado
Preñez (%)	63	73	84	91
Mes de destete	abril	febrero	febrero	enero
Peso de destete (kg PV)	199	164	170	152
Destete (%)	56	66	74	81
CC vaca al servicio	4,5	4,4	5,3	5,6
CC vaca al parto	3,2	3,9	5,1	5,5
CC vaca al destete	3,1	4,0	4,9	5,2
Peso promedio de venta (Kg PV)	213	172	174	210
Días promedio del ternero/ra al pie de la madre	222	157	158	130
GPV del ternero al pie de la madre (kg/día)	0,9	1,0	1,0	1,1
Kg ternero vendido/vaca entorada	71	76	104	128
Eficiencia de stock (%)	32	36	45	48
Producción de ternero (kg/ha/año)	32	34	44	53
Producción de carne total (kg/ha/año)	60	71	88	98
Margen bruto (\$/ha)	334	649	1175	1469

Tabla 3. Resultados reproductivos, productivos y económicos para los diferentes planteos de intensificación. Tabla elaborada para la presente edición. CC: condición corporal, GPV: ganancia de peso vivo.

Valor marginal	Anual	DEF	MAM	JJA	SON
Tradicional	0,7	0,1	0,5	0,8	0,8
Transicional 1	0,5	0,0	0,3	0,3	0,6
Transicional 2	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2
Tecnificado	0,2	0,0	0,2	0,3	0,3

Tabla 4. VMA extra (\$/kgMS) para cada planteo productivo y para los diferentes momentos de agregado del alimento. Tabla elaborada para la presente edición.

Emisión de metano entérico y fecal

La EM ($\text{kgCH}_4\text{CO}_2\text{-e/ha}$) aumentó un 18% desde Trad hasta Tecn, mientras que la IMC ($\text{kgCH}_4\text{CO}_2\text{-e/producción total}$) disminuyó 28% desde Trad hasta Tecn (figura 1). El aumento en productividad se asoció con menor intensidad de emisión de metano ($\text{IMC} = 20,4 - 0,1 \times \text{producción de carne}$, $R^2 0,98$).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la literatura sobre sistemas agropecuarios se destaca la importancia del uso de modelación para identificar senderos tecnológicos alternativos basados en la adopción de tecnologías o nuevas prácticas para mejorar la productividad, rentabilidad y gestión ambiental de sistemas pastoriles (Bell *et al.*, 2014; Beukes *et al.*, 2011). Este trabajo

cuantifica con un modelo bioeconómico la potencialidad de incrementar la superficie de pasturas perennes y cambios en el manejo del destete y la alimentación, a partir de dos sistemas reales que pueden considerarse como extremos tecnológicos para la cría de la región, el Trad y el Tecn descritos por Lauric *et al.* (2016), a los que se les adicionaron dos planteos intermedios (Trans1 y Trans2). En nuestros resultados, el aumento en productividad se asoció positivamente con el MB (tabla 3, $\text{MB} = -1488,6 + 30,2 \times \text{producción de carne kg/ha/año}$, $R^2 0,99$). El aumento en la productividad desde Trad hasta Tecn (tabla 3) fue debido al aumento del % de preñez (por manejo diferencial de la alimentación y del destete, además de la mejora en la oferta forrajera), asociable a una mejor CC de la vaca al servicio, parto y destete y también por una mejora de la GPV de los ter-

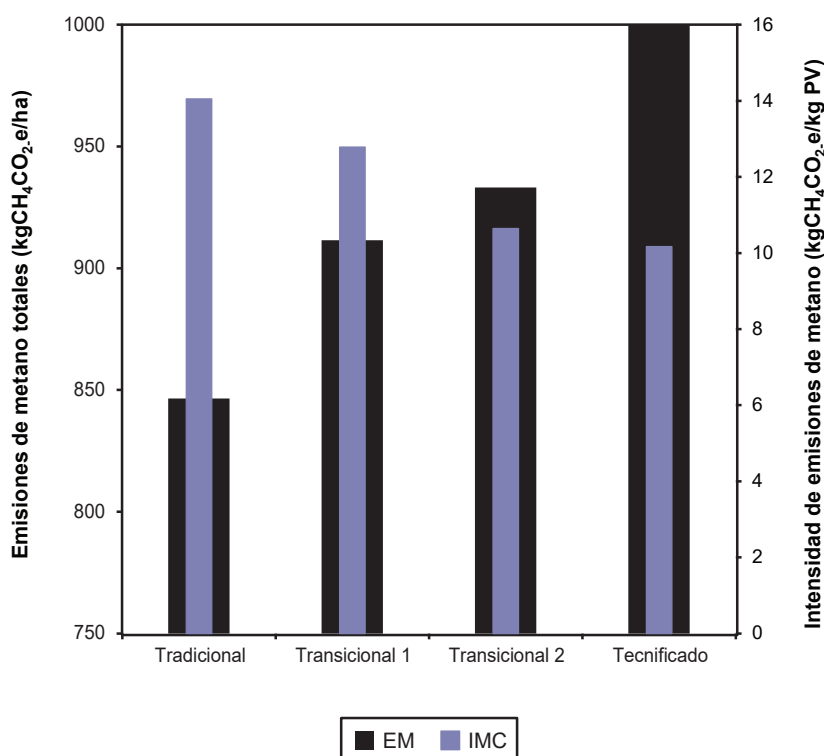


Figura 1. Emisión de metano total (EM) e intensidad de emisiones de metano (IMC) por producción total. Figura elaborada para la presente edición.

neros al pie de la madre (tabla 3, Spitzer *et al.*, 1995). En rodeos de buena sanidad como se asume en este estudio, la mejor CC relaciona positivamente al rápido reinicio de la actividad reproductiva posparto y a mayor GPV de los terneros al pie de la madre (Kunkle *et al.*, 1994).

El MB del sistema Tecn fue 3,4 veces mayor que Trad, similar al incremento de 3,5 veces estimado por Torres Carbonell *et al.* (2013) en los mismos partidos y sistemas. En ambos casos, el incremental significativo del MB (tabla 3) se debió a un incremento importante en los ingresos netos por mayor productividad (tabla 3) y una reducción leve de los costos directos (mayormente por menor participación de verdeos en la base forrajera) en comparación con el sistema Trad (resultados no mostrados).

El análisis del VMA (tabla 4) permitió explorar la capacidad bioeconómica de repago estacional de cada planteo. En Trad, el mayor VMA fue durante JJA y SON posiblemente asociados con mejora de CC preservicio y por ende la preñez (Kunkle *et al.*, 1994), además del aumento de peso de las vacas vacías incrementando la diferencia de inventario (resultados no mostrados). En el caso de Trans1 y Trans2, el mayor valor marginal se produjo con el suministro homogéneo anual y SON, asociados con una mejora en la CC de la vaca y por ende la preñez en el suministro anual, y SON asociados a un aumento en el peso de las vacas vacías incrementando la diferencia de inventario (resultados no mostrados) y destete. En el Tecn, el mayor valor fue en JJA y SON. En general, Trad y Trans1 lograron mayores valores de VMA con respecto a Trans2 y el Tecn, que podría asociarse a la oferta forrajera más diversificada (tabla 1) que equilibra la oferta forrajera estacional, menor carga animal y mejor productividad (ej. % de preñez, tabla 3).

En la zona de estudio, se suele suplementar con heno y grano de avena o cebada (Torres Carbonell, 2014), y el costo de estas alternativas expresados por kg MS (corregido según su contenido de energía metabolizable) son en promedio 1,3 \$/kgMS de rollo y 1,6 \$/kg de grano. De acuerdo a nuestros resultados (tabla 4), ninguno de los planteos representados puede incorporarlos con viabilidad económica (tabla 2). Sin embargo, es esperable que el VMA aumente en años más extremos (Berger *et al.*, 2017) y de esta manera también su capacidad de repago de suplementos bajo esas condiciones. A partir de este estudio exploratorio inicial, surgen nuevas interrogantes de investigación relacionadas a la evaluación a nivel sistema de respuestas a una mayor oferta y utilización estacional de alimentos como por ejemplo mediante fertilización estratégica (Gargano *et al.*, 2006) o cuantificación del riesgo asociado con la variabilidad interanual (Berger *et al.*, 2017; Torres Carbonell, 2014).

Aunque la modelación “whole-farm” es muy utilizada a nivel internacional para la estimación de emisiones GEI (Crosson *et al.*, 2011; Moore *et al.*, 2014), a nivel nacional hay pocos antecedentes (Nieto *et al.*, 2014). Estos autores, en un sistema de producción de carne típico de la región centro del país, concluyeron que la cría fue el subsistema de mayores emisiones y dentro de este, el periodo en lactancia. Más recientemente se utilizó un modelo simplificado

para representar diferentes regiones de Argentina (FAO y NZAGRC, 2017). En nuestro caso, igualmente que otros estudios bioeconómicos de modelación de sistemas que incluyen también emisiones y oportunidades de mitigación de GEI de sistemas pastoriles (Crosson *et al.*, 2011) y la mejora tecnológica aplicada mostraron una tendencia de menor IMC (figura 1) a mayor producción de carne (IMC=20,4-0,1 x producción de carne, R² 0,98). Los valores observados de IMC fueron menores a las estimaciones para nuestro país de 21 a 23 (Rearte y Pordomingo, 2014) y a los valores globales de 30 kgCH₄CO₂-e/Kg peso vivo para sistemas de cría de zona templada (FAO y NZAGRC, 2017), y también menores a las estimaciones realizadas para Uruguay donde reportaron valores entre 15 y 20 kgCH₄CO₂-e/ Kg peso vivo para sistemas de performance mediana (Picasso *et al.*, 2014). Como los autores mencionados utilizan modelos con un nivel menor de detalle que en el presente trabajo (consumo energético, GPV, reproducción, etc. (Machado *et al.*, 2010)) para representar manejos de la alimentación, los resultados no son estrictamente comparables. Por ejemplo, los mayores valores de Picasso *et al.* (2014) se asocian al mayor consumo diario de materia seca que nuestros resultados (valores no mostrados), pero en el caso de SIMUGAN la estimación de consumo de materia seca ha sido calibrada experimentalmente (Machado *et al.*, 2008). Lo anterior expone la importancia de mayor disponibilidad de datos locales de GEI, que permitirán la calibración y evaluación continua como se recomienda en este tipo de estudios basados en modelación (Moore *et al.*, 2014). Aunque el metano considerado en nuestro estudio representa un valor mayor al 70% de los GEI de este tipo de sistemas (SAyDS, 2015), la mayor disponibilidad de información permitirá progresar en estudios locales adicionales que contemplen la totalidad de los GEI y cambios de uso del suelo.

Finalmente se puede concluir que los resultados productivos, económicos y de metano de este trabajo inicial sugieren a través de los múltiples indicadores utilizados y en línea con datos de campo (Lauric *et al.*, 2016), una buena oportunidad de mejorar la productividad de estos sistemas de cría vacuna de Bahía Blanca y Coronel Rosales, contemplando la incorporación de pasturas y de un manejo diferencial de los recursos y del destete. Es importante destacar que el proceso de adopción tecnológica en los sistemas suele ser complejo (Wilson *et al.*, 2008), pero esta información sumada a la información empírica de la zona incluyendo futuros estudios que contemplen la variabilidad interanual, podría aportar a una discusión más integral de barreras y oportunidades con los diferentes actores zonales.

BIBLIOGRAFÍA

- AACREA. 1990. Normas para Medir los Resultados Económicos en las Empresas Agropecuarias. Convenio AACREA - BANCO RÍO. Buenos Aires. Argentina, p. 80.
- ARBOLAVE, M.R. 2017. Márgenes agropecuarios, Año 32-382(382), p. 80.
- ARROQUI, M.; ALVAREZ, J.R.; VAZQUEZ, H.; MACHADO, C.; MATEOS, C.; ZUNINO, A. 2015. JASAG: a gridification tool for

agricultural simulation applications. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 27(17), 4716–4740.

BÁRBARO, N.; GERE, J.; GRATTON, R.; RUBIO, R.; WILLIAMS, K. 2008. First measurements of methane emitted by grazing cattle of the Argentinean beef system. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 51(2), 209–219.

BELL, L.W.; ROBERTSON, M.J.; REVELL, D.K.; LILLEY, J.M.; MOORE, A.D. 2008. Approaches for assessing some attributes of feed-base systems in mixed farming enterprises. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 789–798.

BERGER, H.; BILOTTO, F.; BELL, L.W.; MACHADO, C.F. 2017. Feedbase intervention in a cow-calf system in the flooding pampas of Argentina: 2. Estimation of the marginal value of additional feed. *Agricultural Systems*, 158(Supplement C), 68–77.

BEUKES, P.C.; GREGORINI, P.; ROMERA, A.J. 2011. Estimating greenhouse gas emissions from New Zealand dairy systems using a mechanistic whole farm model and inventory methodology. *Animal Feed Science and Technology*, 166–167, 708–720.

CROSSON, P.; SHALLOO, L.; O'BRIEN, D.; LANIGAN, G.J.; FOLEY, P.A.; BOLAND, T.M.; KENNY, D.A. 2011. A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 29–45.

FAO; NEW ZEALAND AGRICULTURAL GREENHOUSE GAS RESEARCH CENTRE. 2017. Low-emissions development of the beef cattle sector in Argentina - Reducing enteric methane for food security and livelihoods. Roma. p. 39.

FAVERIN, C.; GRATTON, R.; MACHADO, C.F. 2014. Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de producción de carne vacuna de base pastoril. Revisión bibliográfica. *Revista Argentina de Producción Animal*, 34(1), 1–22.

GARGANO, A.O.; ADÚRIZ, M.A. 2000. Modelos agropecuarios integrales para Bahía Blanca y Coronel Rosales, Argentina. *Arquivo Latinoamericano de Producción Animal*, 8(1), 24–33.

GARRIZ, C.A. 2012. Rendimientos, peso, composición de res y cortes vacunos en la argentina. Efectos del genotipo, edad y peso vivo de faena. ¿Producir carne con la raza criolla Argentina? *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1–39.

GAUR, M.K.; SQUIRES, V.R. 2017. *Climate Variability Impacts on Land Use and Livelihoods in Drylands*. Springer. p. 348.

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. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Roma.

HERRERO, M.; HENDERSON, B.; HAVLÍK, P.; THORNTON, P.K.; CONANT, R.T.; SMITH, P.; WIRSENIUS, S.; HRISTOV, A. N.; GERBER, P.; GILL, M.; BUTTERBACH-BAHL, K.; VALIN, H.; GARNETT, T.; STEHFETS, E. 2016. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change*, 6(5), 452–461.

INDEC. 2000. *Censo Nacional Agropecuario 2002*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Buenos Aires, Argentina.

INTA. 2000. *Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires (1:50.000)*.

IPCC. 2006. *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Inter-governmental. Panel on Climate Change, IGES, Japón.

KUNKLE, W.E.; SAND, R.S.; RAE, D.O. 1994. Effect of body condition on productivity in beef cattle. En: *FIELDS, M.J.; SAND, R.S. (Eds.). Factors affecting calf crop*. CRC Press, Boca Raton, EUA, pp. 167–176.

LAURIC, A.; DE LEO, G.; TORRES CARBONELL, C. 2016. Sistemas productivos reales, incorporación de tecnologías estratégicas

dentro de un marco de extensión y su impacto sobre los indicadores dentro de los Pdos. de Bahía Blanca y Cnel. Rosales. (Disponible: <https://inta.gob.ar/documentos/sistemas-productivos-reales-incorporacion-de-tecnologias-estrategicas-dentro-de-un-marco-de-extension-y-su-impacto-sobre-los-indicadores-dentro-de-los-pdos-de-bahia-blanca-y-cnel-rosales> verificado 02 de junio de 2017).

LAURIC, A.; DE LEO, G.; TORRES CARBONELL, C.; FERNANDEZ ROSSO, C.; BILOTTO, F.; MACHADO, C. 2017. Perfiles productivos en los partidos de Bahía Blanca y Coronel Rosales. (Disponible: <https://inta.gob.ar/documentos/perfiles-productivos-en-los-partidos-de-bahia-blanca-y-coronel-rosales> verificado 22 de julio de 2017).

MACHADO, C.F.; BERGER, H. 2012. Uso de modelos de simulación para asistir decisiones en sistemas de producción de carne. *Revista Argentina de Producción Animal*, 32, 87–105.

MACHADO, C.F.; BERGER, H.; MORRIS, S.T.; HODGSON, J. 2008. Evaluation of a beef cattle finishing simulation model for intake and live weight gain prediction under different herbage and maize grain allowances. *Proceedings of the International Grasslands Conference, China*, 324.

MACHADO, C.F.; MORRIS, S.T.; HODGSON, J.; ARROQUI, M.A.; MANGUDO, P.A. 2010. A web-based model for simulating whole-farm beef cattle systems. *Computer and Electronics in Agriculture*, 74(1), 129–136.

MCEVOY, M.; O'DONOVAN, M.; SHALLOO, L. 2011. Development and application of an economic ranking index for perennial ryegrass cultivars. *Journal of Dairy Science*, 94(3), 1627–1639.

MENGISTU, A. 2006. *Country Pasture/Forage Resource Profiles*. FAO. Roma, Italia.

MINAGRO. 2015. *Caracterización de la producción bovina*. Buenos Aires – Corrientes – Chaco – Formosa – La Pampa – Misiones. Sistema de Monitoreo del Sector de la Carne Bovina. Serie 1. Presidencia de la Nación, Subsecretaría de Ganadería, p. 193.

MOORE, A.D.; ECKARD, R.J.; THORBURN, P.J.; GRACE, P.R.; WANG, E.; CHEN, D. 2014. Mathematical modeling for improved greenhouse gas balances, agro-ecosystems, and policy development: lessons from the Australian experience. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(6), 735–752.

PICASSO, V.D.; MODERNE, 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(3), 346–354.

REARTE, D.H.; PORDOMINGO, A.J. 2014. The relevance of methane emissions from beef production and the challenges of the Argentinean beef production platform. *Meat Science*, 98(3), 355–360.

SAYDS. 2015. Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, p. 282.

SPITZER, J.C.; MORRISON, D.G.; WETTEMAN, R.P.; FAULKNER, L.C. 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. *Journal Animal Science*, 73, 1251–1257.

TORRES CARBONELL, C. 2014. Impacto del cambio climático global sobre las precipitaciones del Sudoeste bonaerense semiárido y su efecto sobre el riesgo de sistemas ganaderos con distinto grado de adopción de tecnología. Tesis Doctorado en Agronomía, p. 225.

TORRES CARBONELL, C.; MARINISSEN, A.; LAURIC, A. 2013. Desarrollo de sistemas de producción para la Ecoregión Semiárida Pampeana Sur. INTA, p. 17.

WILSON, G.A. 2008. From “weak” to “strong” multifunctionality: Conceptualising farm-level multifunctional transitional pathways. *Journal of Rural Studies*, 24(3), 367–383.