

**XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal, A.G.
Puerto Varas (Chile) 9-13 Noviembre, 2015**

Evaluación de oportunidades de innovación de sistemas productivos de carne bovina con modelos de simulación

Claudio F. Machado, Franco Bilotto, Horacio Berger, Pablo Mangudo,
Mauricio Arroqui

Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tandil,
Buenos Aires, Argentina.

Evaluation of innovation opportunities in productive systems of beef with simulation models

Abstract

Simulation models are complementary tools to field work that facilitate the integration of different information and diverse agricultural processes allowing the study of their interactions and the evolution of the impact of changes in the global system. The effectiveness of simulation models as a decision support tool has been questioned, but its exponential use in the international scenario to assess opportunities for livestock innovation in a context where each time it is essential to relate not only the productive, economic and social aspects, but the implications of greenhouse gases (GHGs) in a context of climate change. In this context, and being Latin America, with great weight in South America, supplier of 23% of the world beef production (and growing) and world leader in meat exports, it needs locally appropriate models to analyze the economic, social and environmental trade-offs of different alternatives potentially applicable to their systems. Therefore, this presentation has two main objectives: objective 1 aims to show some specific experiences of technology evaluations with simulation models for vaccine breeding systems of a particular region of Argentina, reflecting on difficulties, limitations and strategies developed for such an end objective 2 aims to analyze the recent history of publication (period 1990-2015) on the development of livestock simulation models in South America, in order to detect qualitative and quantitative references on the progress in the subject.

Key words: Simulation models; beef production; Argentina

Introducción

Los modelos de simulación son herramientas complementarias al trabajo de campo que facilitan la integración de distinta información y diversos procesos agropecuarios permitiendo el estudio de sus interacciones y la evolución del impacto de modificaciones en el sistema global (Ahuja et al. 2002; Woodward et al. 2008). La efectividad de los modelos de simulación como herramienta de soporte a la toma de decisión ha sido cuestionada (McCown et al. 2009), pero es muy evidente su uso exponencial en el escenario internacional para valorar oportunidades de innovación ganadera en un contexto donde cada vez es indispensable relacionar no solo los aspectos productivos, económicos y sociales, sino las implicancias de gases de efecto invernadero (GEIs) en un contexto de cambio climático (Berre et al. 2015; Crosson 2011; Doole y Kingwell 2015; Moore et al. 2014). En este contexto, y siendo Latinoamérica, con gran peso de Sudamérica, proveedora del 23% de

la producción mundial de carne bovina (y en crecimiento) y líder mundial en exportación de carne (FAO 2014), necesita de modelos localmente adecuados para analizar los “trade-offs” económicos, sociales y ambientales de distintas alternativas potencialmente aplicables a sus sistemas. Por lo tanto, esta presentación tiene dos objetivos principales: el objetivo 1 se orienta a mostrar algunas experiencias puntuales de evaluaciones de tecnologías con modelos de simulación para sistemas de cría vacuna de una región particular de Argentina, reflexionando sobre dificultades, limitaciones y estrategias desarrolladas para tal fin. El objetivo 2, se orienta a analizar la historia reciente de publicación (periodo 1990-2015) sobre desarrollos de modelos de simulación ganaderos en Sudamérica, de modo de detectar referencias cuali y cuantitativas sobre el avance en la temática.

**XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
 XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal, A.G.
 Puerto Varas (Chile) 9-13 Noviembre, 2015**

Desarrollo

Para el objetivo 1, se toma aquí como ejemplo el área de influencia de la Depresión de Laprida, Argentina (Olavarría, Benito Juárez, Laprida y La Madrid) que posee una superficie aproximada de 2 millones de hectáreas, es su mayoría con suelos de aptitud ganadera (28% aptitud ganadera, 43% ganadera-agrícola, y 29% agrícola). La producción ganadera de la zona está exclusivamente orientada a la producción de carne y se basa en sistemas pastoriles, que han mostrado una degradación progresiva de los recursos forrajeros (campo natural y pasturas) entre los años 2000-2008 por efecto conjunto de un incremento del stock vacuno, una reducción de la superficie ganadera destinada a cultivos de cosecha, y la disminución de las precipitaciones anuales (Recavarren et al. 2009). En respuesta a la problemática, el INTA ha puesto en marcha un módulo real producción ganadera (Bilotto 2014) que consideró la implementación buenas prácticas de manejo (BPM) basado en dinámica de recambio de tejido foliar de la biomasa de las pasturas de festuca (Agnusdei et al. 2007). Para lo modelación de sistemas de base pastoril, resulta crítico poder representar adecuadamente la variabilidad de la producción forrajera intra e

interanual, representado adecuadamente el impacto climático y las prácticas de manejo, fertilizaciones etc. Esta tarea no es menor (Woodward y Rollo 2002) y por eso resulta relevante potenciar la información disponible de campo mediante la calibración de modelos forrajeros biofísicos y dinámicos (Johnson et al. 2003; McCall y Bishop-Hurley 2003) o recuperar información calibrada mediante sensores remotos (Grigera et al. 2007), que en su conjunto posibilitan ampliar las oportunidades de análisis del tipo “que pasa si”. A partir de datos regionales, el modelo SGS (Johnson et al. 2003) se calibró aceptablemente ante condiciones diversas de manejo de festuca (Berger et al. 2014). En el marco de un proyecto interinstitucional e interdisciplinario y utilizando el SGS con datos climáticos locales, asociado a un simulador Web bioeconómico ganadero de sistema de producción (“whole-farm”) denominado Simugan (Machado et al. 2010b), se planteó la siguiente pregunta: ¿Qué respuestas a la intensificación (aumento del área bajo BPM, fertilizaciones N₂ estratégicas y aumento de carga animal) tendría en un sistema de cría vacuna modal ante variabilidad climática (1993-2013) de la zona?.

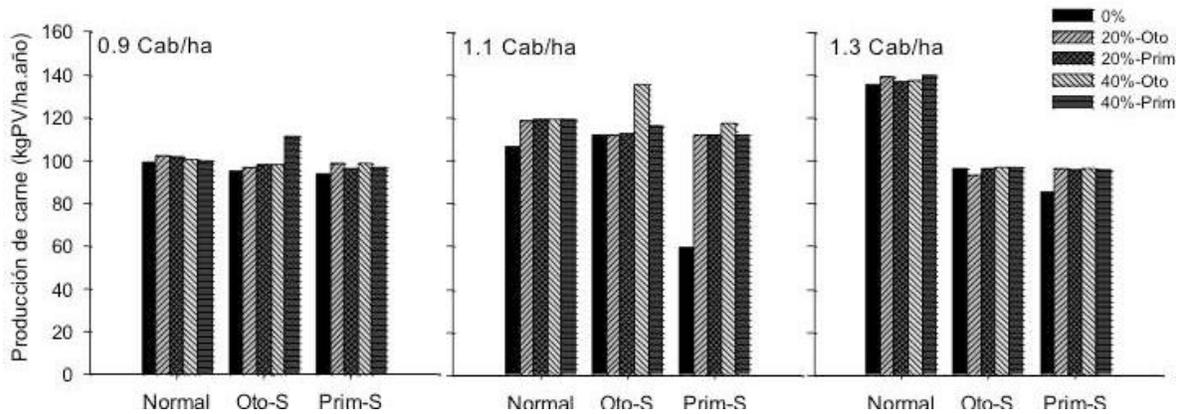


Figura 1: Producción anual (kg vivo de terneros/ha/año) a carga animal (Cab/ha) de 0,9, 1,1 y 1,3 cabezas/ha, con fertilización de 100kgN/ha otoño o primavera (aplicado al 20 o 40% de un sistema de cría modal en diferentes tipos de año (Normal N, otoño seco Oto-S y primavera seca Prim-S respectivamente). Berger et al, (datos sin publicar).

En la figura 1 se ve el impacto en producción de carne la cual aumenta con la carga animal solo en los años normales, pero que ante sequías de otoño y primavera solo pueden ser sostenidas hasta 1,1 de carga animal mediante las estrategias de

fertilización planteadas. Otra pregunta que surgió fue: ¿Qué posibilidad de respuesta económica genera el sistema productivo de cría ante el agregado estratégico de alimento (Valor Marginal/Kg de Materia seca) en cada estación, o la misma

XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal, A.G.
Puerto Varas (Chile) 9-13 Noviembre, 2015

cantidad distribuida a lo largo del año, en un contexto de variabilidad climática (1993-2013) de la zona? A los fines de cálculo el valor marginal de la materia seca (MS) extra (VMMS \$/kg

MS.ha), se estimó como el incremental (Δ) del margen bruto/ha dividido el Δ en alimento extra (McEvoy et al. 2011).

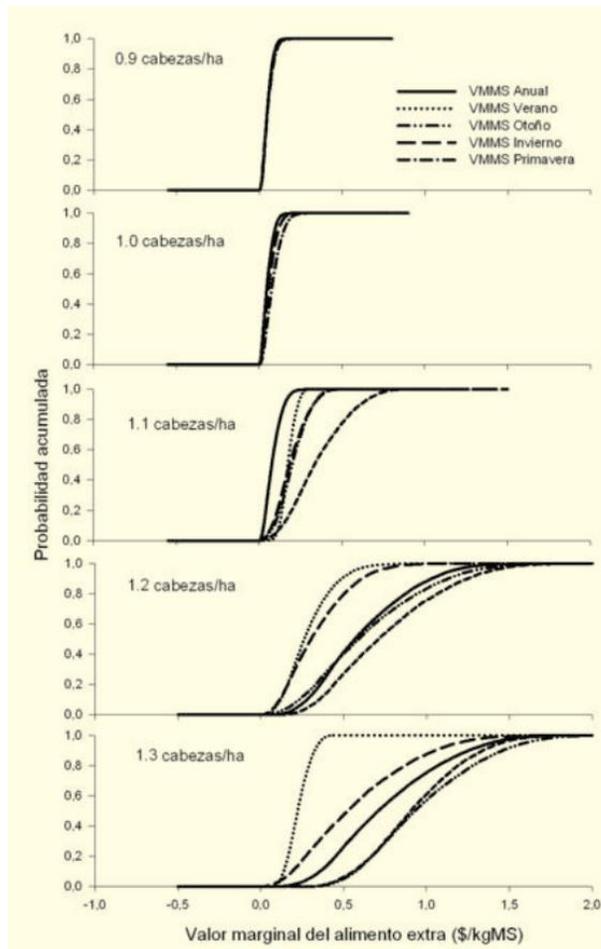


Figura 2: Probabilidad acumulada del valor marginal del agregado en un 10% de la materia seca extra a un sistema de cría modal con carga animal de 0.9 a 1.3 cabezas/ha en diferentes estaciones o de forma pareja anual. Berger et al, (datos sin publicar).

Para el caso del Objetivo 2, se realizó una búsqueda en google académico del periodo 1990-2015. Basado en una batería de palabras claves, entre las que se incluían además de los diferentes países de Sudamérica y un número estandarizado de palabras claves. De ese análisis surge que solo el 65% de los modelos están indexados en Journal internacionales, pero que suman 20 modelos en toda la región, mostrando poca visibilidad de la simulación de sistemas de producción en la región. Las referencias provienen de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Perú y Uruguay, y

En la figura 2 se observa que el VMMS aumenta con la carga animal, y que el mayor valor (hacia la derecha) lo dan la suplementación en otoño e invierno, coincidiendo en un sistema de cría con la mejora en condición corporal de los vientres al inicio del servicio y mejora reproductiva. A la mayor eficiencia productiva y económica que permite visualizar estos análisis en algunas condiciones, la simulación planteada también permite cuantificar el impacto potencial en lo ambiental, como por ejemplo en aumento o disminución en Intensidad de emisión de CH₄ total (Entérico + heces) por kg de peso vivo producido en cada carga animal.

En la figura 3 se muestra solamente (por simplificación del ejemplo) el caso de 1,2 de carga animal, que muestra que las mayores oportunidades de menor emisión CH₄ marginal (con una lógica similar a lo económico) se logra con la suplementación en invierno. Este ejemplo puntual se orienta a ilustrar la riqueza de combinar las respuestas productivas, económicas y ambientales (en este caso solo CH₄ total) en el análisis de oportunidades de innovación, pero que requieren ser ampliados a la totalidad de GEI e incluir evaluaciones de ciclo de vida “cradle to farm gate” para una mejor identificación de potenciales “trade offs” dentro de los sistemas (Faverin et al. 2015).

están orientadas mayoritariamente a vacunos (48%), en su mayoría a producción de carne (30%), el resto se reparte en ovinos, cabras y alpacas y mixtos con agricultura. Aunque muy escasos, los trabajos indexados han crecido y aumentaron los modelos de tipo biofísico y económico, y más recientemente con la inclusión de componentes ambientales (Figura 4, a). Autores de Australia, con una gran experiencia en inclusión de modelación en el I+D agropecuario (Moore et al. 2014), destacan la importancia de la maduración de los modelos a software para mayor

**XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
 XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal, A.G.
 Puerto Varas (Chile) 9-13 Noviembre, 2015**

control y estabilidad de las respuestas de los mismos.

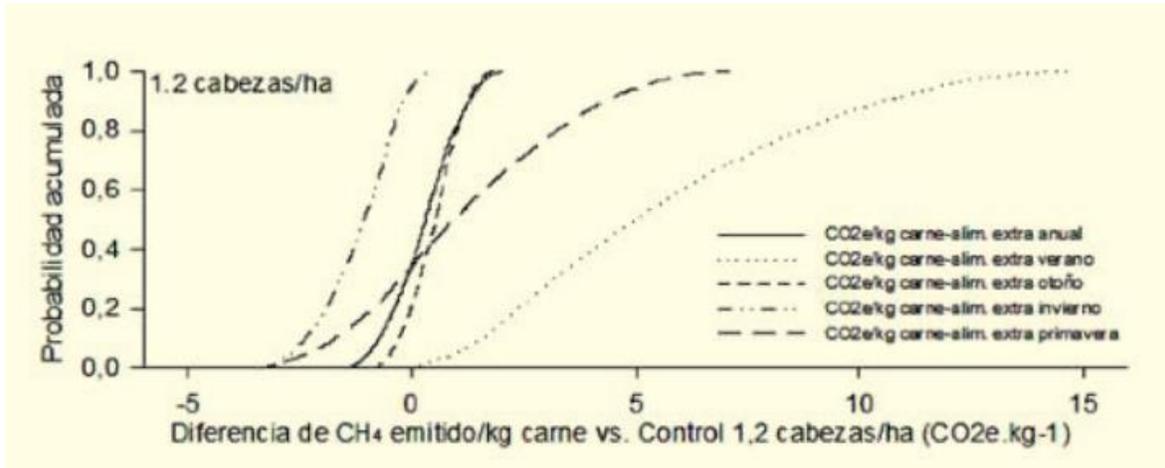


Figura 3: Cambios en la probabilidad de diferencia en Intensidad de emisión de CH₄ total (Enterico + heces) por kg de peso vivo producido, en un sistema de cría con una carga animal de 1,2 cabezas/ha producción, suplementado estratégicamente en diferentes estaciones o de forma pareja anual, simulado en el periodo 1993-2013.

Otro aspecto relevante es la posibilidad de alcanzar mayor difusión de usuarios/evaluadores que cuando se utiliza planillas electrónicas, sistemas de modelación dinámica (Stella®, Ithink®, Extend®, Vensim®) etc cuyo uso se limita mayormente al grupo de trabajo que la

origina. De los modelos reportados en Sudamérica solo el 15% constituyen un software específico, y de eso solo el 5% (1 modelo) son software originados en la región (Figura 4, b), el resto son aplicaciones o adaptaciones de software de licencia internacional.

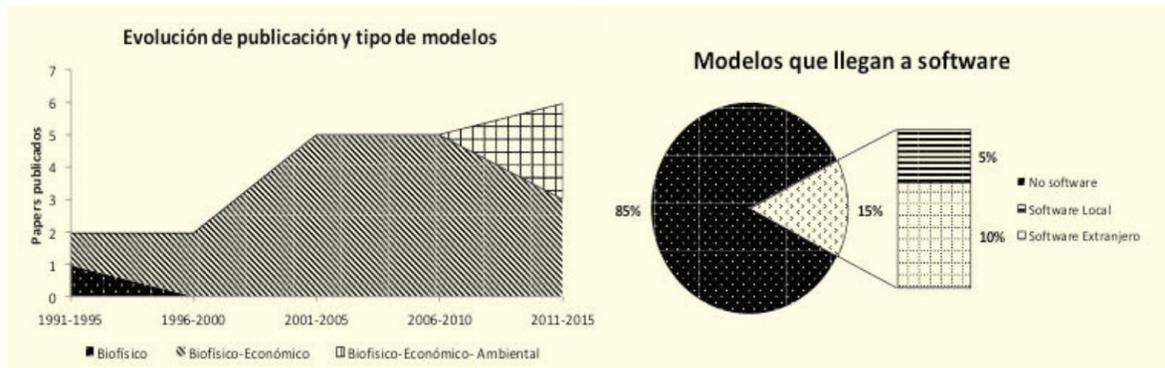


Figura 4: Hallazgos referidos a las publicaciones de simulación ganadera en Sudamérica.

Comentario final y conclusiones

Los resultados específicos del ejemplo utilizado tienen escasa implicancia por fuera de la región objetivo, pero permiten mostrar la potencialidad de este tipo de herramientas para un público general no involucrado en simulación. La calibración y evaluación de los modelos es una tarea crítica del proceso, que requiere un fluido

intercambio bidireccional entre investigadores de campo con el proceso de modelación, y es muy relevante para evidenciar la utilidad y la credibilidad de los modelos. Es importante destacar que los ejemplos presentados se integran dentro de una red interinstitucional de modelación agropecuaria (MODASUR), integrada por 6

XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal, A.G.
Puerto Varas (Chile) 9-13 Noviembre, 2015

instituciones: Facultad de Ciencias Veterinarias y la Facultad de Ciencias Exactas de la UNCPBA, La Facultad de Ciencias Agrarias de la UNdMP, El INTA-CERBAS y la Comisión de Investigaciones Científicas de La Provincia De Buenos Aires (CIC) y el Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA). Esta estrategia, además de búsqueda de fondos de forma cooperativa como el caso de proyectos INTA-Audeas-Conadev ha permitido mayor integración de la modelación con la investigación de campo relacionada de las diferentes instituciones (Machado et al. 2010a). La posibilidad de interacción interdisciplinaria en MODASUR con expertos en matemática e informática, ha permitido consolidar el modelo en un software específico con mantenimiento y también promover mejoras (Arroqui et al. 2014) que favorecen mayor poder computacional para el análisis de situaciones que requieren simular múltiples años y diversas condiciones experimentales. La simulación “whole farm” está

hoy fuertemente incorporada en el análisis de escenarios a nivel internacional como puede verse de la bibliografía citada. En Sudamérica se ha sugerido desde tiempo atrás las oportunidades y ventajas de estas herramientas (Herrero et al. 1997), pero se observa un bajo desarrollo regional de acuerdo las publicaciones del tema, basado en esfuerzos individuales más que institucionales, que hacen que muchos modelos no se conozcan o no se publiquen a nivel internacional, y se descontinúen una vez que el técnico que las motivó abandona la actividad. La modelación de sistemas ganaderos está en deuda en cuanto a la contribución científica de la región pero dispone de un enorme potencial a la luz de necesidad de análisis de oportunidades de innovación en una región productiva líder a nivel mundial. El desarrollo deberá venir de más institucionalización de la actividad de simulación como sucede en países desarrollados, fomentando el desarrollo y mantenimiento de software integrado a la investigación experimental.

Literatura Citada

- Agnusdei, M.; Assuero, S.G.; Fernández Grecco, R.C.; Cordero, J.J.; Burghi, V.H. 2007. Influence of sward condition on leaf tissue turnover in tall fescue and tall wheatgrass swards under continuous grazing. *Grass and Forage Science* 62, 55-65.
- Ahuja, L.R.; Ma, L.; Howell, T.A. 2002. Whole System Integration and Modeling - Essential to Agricultural Science and Technology in the 21st Century. In ‘Agricultural System Models in Field Research and Technology Transfer’ pp. 1-7. (Lewis Publishers: Boca Raton, London, New York, Washington D.C.).
- Arroqui, M.; Alvarez, J.R.; Vazquez, H.; Machado, C.; Mateos, C.; Zunino, A. 2014. JASAG: a gridification tool for agricultural simulation applications. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, n/a-n/a.
- Berger, H.; Machado, C.F.; Agnusdei, M.; Cullen, B.R. 2014. Use of a biophysical simulation model (Dairy-Mod) to represent tall fescue pasture growth in Argentina. *Grass and Forage Science* 69, 441-453.
- Berre, D.; Vayssières, J.; Boussemart, J.-P.; Leleu, H.; Tillard, E.; Lecomte, P. 2015. A methodology to explore the determinants of eco-efficiency by combining an agronomic whole-farm simulation model and efficient frontier. *Environmental Modelling & Software* 71, 46-59.
- Bilotto, F.M. 2014. Manejo ecofisiológico de pasturas de festuca para una ganadería de alto rendimiento. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Crosson, P., Shalloo, L., O'Brien, D., Lanigan, G.J., Foley, P.A., Boland, T.M. 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.
- Doole, G.J.; Kingwell, R. 2015. Efficient economic and environmental management of pastoral systems: Theory and application. *Agricultural Systems* 133, 73-84.
- FAO 2014. Ganadería, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <http://www.rlc.fao.org/es/temas/ganaderia/>
- Grigera, G.; Oesterheld, M.; Pacin, F. 2007. Monitoring forage production for farmers' decision making. *Agricultural Systems* 94, 637-648.
- Herrero, M.; Fawcett, R.H.; Pérez, e.; Dent, J.B. 1997. The role of systems research in grazing management: applications to sustainable cattle production in Latin

XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal, A.G.
Puerto Varas (Chile) 9-13 Noviembre, 2015

- America. Systems Approaches for Agricultural Development. P. Teng et al. (Editor). Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 129-136.
- Johnson, I., R.; Lodge, G., M., ; White, R., E. 2003. The sustainable grazing Systems Pasture Model: description, philosophy and application to the SGS National Experiment. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43, 711-728.
- Machado, C.F.; Burges, J.C.; Berger, H.; Faverín, C.; Steffanazzi, I. 2010a. First steps in the use of a web wholefarm model to foster the feedback between beef cattle extension and research. *An Overview of Research on Pastoral-Based Systems in South America*. Machado, C.F. ; Wade, M.; Carneiro Da Silva, S.; Agnusdei, M.; Fachio Carvalho, P.; Morris, S.T; Beskow, W.; Montossi, F. (Eds). Editorial UNCPBA, Arg., 53-64.
- Machado, C.F.; Morris, S.T.; Hodgson, J.; Arroqui, M.A.; Mangudo, P.A. 2010b. A web- based model for simulating whole-farm beef cattle systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 74, 129-136.
- McCall, D.G.; Bishop-Hurley, G.J. 2003. A pasture growth model for use in a whole-farm dairy production model. *Agricultural Systems* 76, 1183-1205.
- McCown, R.L.; Carberry, P.S.; Hochman, Z.; Dalgliesh, N.P.; Foale, M.A. 2009. Re-inventing model-based decision support with Australian dryland farmers. 1. Changing intervention concepts during 17 years of action research. *Crop and Pasture Science* 60, 1017-1030.
- 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, 1627-1639.
- 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, 735-752.
- Recavarren, P.; Martinefsky, M.; Oesterheld, M. 2009. Incidencia de las precipitaciones sobre la disminución de la productividad de los recursos forrajeros en la Depresión de Laprida. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 29. Supl. 1: 317-318.
- Woodward, S., J., R.; Rollo, M.D. 2002. Why pasture growth prediction is difficult. *Agronomy* 32, 17-26.
- Woodward, S., J., R., ; Romera, A.J.; Lovatt, S., J. 2008. Better simulation modelling to support farming systems innovation: review and synteshis. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 51, 235-252.