



Huellas de Carbono y de Agua en Tambos con Diferentes Estrategias de Intensificación



Esp. Ing. Zoot. Gustavo D. Gimenez ⁽¹⁾⁽²⁾
 Dr. Ing. RRNN Federico C. Frank ⁽³⁾⁽⁴⁾
 Dr. M.V. Pablo R. Marini ⁽¹⁾⁽⁵⁾

Recibido: Diciembre 2017 – Aceptado: Abril 2018

⁽¹⁾ Cátedra de Producción de Bovinos de Leche. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Rosario. Bv. O. Lagos y Ruta Nac. Nº 33 (Casilda. Santa Fe).

⁽²⁾ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Agencia de Extensión Rural Roldán. Catamarca 948 (Roldán. Santa Fe)
 ✉ zootecnista.gimenez@gmail.com

⁽³⁾ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". Ruta Nac. Nº 5, km 580 (Anguil. La Pampa)

⁽⁴⁾ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. Av. Uruguay 151 (Santa Rosa. La Pampa)
 ✉ frank.federico@inta.gov.ar

⁽⁵⁾ Carrera del Investigador Científico. Universidad Nacional de Rosario. (Maipú 1065, 2º piso, of. 209 (Rosario. Santa Fe)
 ✉ pmarini@unr.edu.ar

Introducción

A partir del informe de las Naciones Unidas con los Objetivos del Milenio (Naciones Unidas, 2012) se estipularon prioridades inmediatas para preservar la sostenibilidad del medio ambiente, prevenir la degradación de la tierra y el uso no sostenible del agua, el manejo de los recursos naturales que permita la protección de la biodiversidad, incluyendo la producción de *commodities* bajo condiciones de respeto y cuidado por el ambiente. Surgió así la necesidad de evaluar la Huella Ambiental en los sistemas agropecuarios de producción, entre ellos los tambos o lecherías. Dentro de la Huella Ambiental se incluyen 14 categorías de impacto, entre las cuales se encuentran aquellas vinculadas al Cambio Climático y al agotamiento, escasez y contaminación del agua^(UE, 2013). Según Gimenez⁽²⁰¹⁷⁾, ambos impactos

resultan de sumo interés en la producción primaria de leche, por el uso intensivo de energía y agua. Estas categorías son evaluadas a partir de indicadores, entre los cuales se destacan la Huella de Carbono (HC) y la Huella de Agua (HH).

La HC representa la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios^(Wiedmann, 2009; Pandey et al., 2010). Por su parte, la HH es definida como el volumen de agua dulce usado para la obtención de un producto, medido a lo largo de toda la cadena de suministro. Es un indicador multidimensional, que muestra los volúmenes de agua consumidos, tanto de fuente natural o "agua verde" (volumen de agua de lluvia evaporada o incorporada en el producto, que se utiliza antes de que se integre en corrientes de agua), como la utilizada por las actividades antrópicas, también llamada "agua azul" (se refiere al consumo de agua superficial y subterránea disponible en una cuenca hidrográfica)^(Hoekstra et al., 2011).

Por otro lado, Argentina evidenció desde la década de 1970 un marcado proceso de crecimiento de la superficie ocupada por cultivos agrícolas, con el consecuente desplazamiento de la ganadería, reubicada en lotes con limitaciones edáficas y productivas para el tradicional modelo de agricultura extensiva^(Alvarez et al., 2010; Jobbágy, 2010). Como resultado, en la actualidad coexisten planteos de producción de carne y leche de base pastoril (extensivos o "a campo"), y otros con animales en confinamiento (total o parcial). Pese a la pérdida de unidades productivas, los volúmenes de leche se incrementaron en aproximadamente 4.000 millones de litros^(Ministerio de Agroindustria, 2015), a partir de un proceso de concentración,

2687

especialización e intensificación^(Sánchez et al., 2012), caracterizado por menos tambos que producen más litros, más vacas por tambo, mayor producción individual y por hectárea, menos alfalfa en pastoreo, mayor participación de silajes y concentrados en la dieta e instalaciones más grandes^(Centeno, 2013). A partir de esta concepción se plantea un proceso de intensificación basado principalmente en dos aspectos: el incremento del número de animales (evaluado a partir de la variable carga animal) y una modificación sustancial en la dieta (a partir del incremento en la cantidad de suplemento ofrecido en la alimentación del rodeo lechero).

Objetivos

- General: Obtener valoraciones de indicadores ambientales en sistemas de producción primaria de leche con distintos niveles de intensificación, durante el año 2015.
- Específicos:
 - Evaluar la medida de la HC total y relativa. La primera, expresada en toneladas de CO₂ equivalente por hectárea y por año (Tn CO₂ eq/ha/año); la segunda, en kilogramos de CO₂ equivalente por litro de leche producido (kg CO₂ eq/L leche).
 - Evaluar la medida de la HH total y relativa. La primera, expresada en metros cúbicos consumidos por hectárea y por año (m³/ha/año); la segunda, en litros de agua consumidos por litro de leche producido (L agua/L leche).
 - Localizar entre los factores asociados a la intensificación de los sistemas, aquellos de incidencia probable en la valoración de las huellas.

Metodología

Buelink *et al.*⁽¹⁹⁹⁶⁾ describen la Región Pampeana agrupando las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa y Santa Fe, en una superficie de aproximadamente 500.000 kilómetros cuadrados, donde la producción láctea exhibe su máxima potencialidad. Los casos de estudio se encuentran insertos en esta región, dentro de la Cuenca Central Argentina, específicamente en las Subcuencas centro y sur de la provincia de Santa Fe. Las condiciones edáficas varían, con predominio de suelos argiudoles con texturas franco arcillosas a franco limosas. Las características climáticas corresponden a las de zonas templadas, con temperaturas medias entre 16 y 18°C y precipitaciones que promedian unos 900 mm anuales.

Es factible citar una producción promedio de leche de 2.870 litros diarios, obtenidos a partir de una producción individual de 19,2 litros por vaca en ordeño y por día (L/VO/día) y una carga media de 1,32 vacas totales por hectárea vaca total (VT/ha VT)^(Gastaldi et al., 2015).

Para cuantificar las huellas ambientales de la producción lechera se seleccionaron cuatro tambos representativos con distintas estrategias de intensificación. Este concepto se asoció a la carga animal, expresada en vacas totales por hectárea vaca total (VT/ha VT) y a la suplementación alimentaria del rodeo, expresada en gramos de concentrado por litro de leche producida (g conc/L). Debido a la variabilidad en ambas medidas, se propuso utilizar los valores medios registrados por la Encuesta Sectorial realizada por el Proyecto Nacional de Producción Animal de INTA (PNPA 1126043), correspondiente al ejercicio 2012-13 (Gastaldi *et al.*, 2016). Los valores promedio de carga animal (1,32 VT/ha VT) y de suplementación (304 g conc/L leche) se situaron como límites para definir cuadrantes de intensificación, tal como se muestra en la Figura N° 1 (Cuadrantes de intensificación propuestos en base a combinaciones posibles de carga animal y suplementación alimentaria), donde se obtuvieron las siguientes combinaciones:

- Alta carga y alta suplementación (AC/AS)
- Alta carga y baja suplementación (AC/BS)
- Baja carga y alta suplementación (BC/AS)
- Baja carga y baja suplementación (BC/BS)

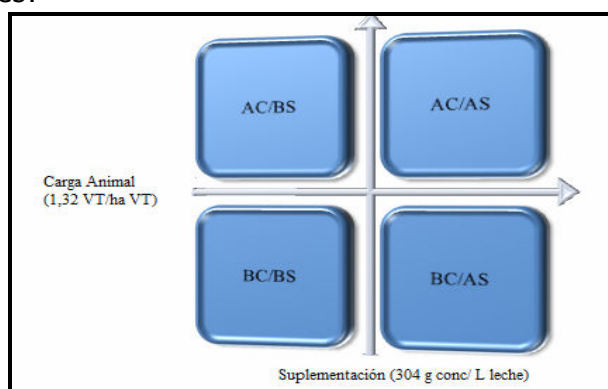


Figura N° 1: Cuadrantes de intensificación propuestos en base a combinaciones posibles de carga animal y suplementación alimentaria.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Gastaldi *et al.* (2016).

Una vez seleccionados los tambos representativos de cada uno de los cuadrantes prefijados, se realizaron estudios de caso a nivel exploratorio, por medio de visitas técnicas y entrevistas con los productores, que permitieron recopilar la información necesaria para los posteriores cálculos.

Para la evaluación de las huellas se utilizaron *softwares* basados en hojas de cálculo de *Microsoft Excel®*, utilizándose en el caso de HC el Calculador de emisiones para tambos de AACREA (AACREA, 2007), y para la HH una herramienta de desarrollo propio, basada en los conceptos de *Water Footprint Network* (Hoekstra *et al.*, 2011) y de la norma ISO 14.046 (Vionnet *et al.*, 2017). Esta segunda consiste en planillas donde se releva información propia del establecimiento (características climáticas, edáficas, topográficas, rodeo y categorías, producción mensual y anual de leche, instalaciones, planteo técnico y distribución de la superficie, manejo alimentario y sanidad, prácticas culturales, consumo energético y de insumos en general). Una vez que la carga de datos se completa, la herramienta calcula de manera automática las huellas verde y azul del proceso productivo.

Resultados y Discusión

Se analizaron separadamente las huellas totales (valor acumulado de emisiones y consumo de agua anual) de las relativas (valor de emisiones y consumo de agua por litro de leche obtenido), en virtud de las características físicas de los modelos evaluados^(Tabla 1).

	AC/AS	AC/BS	BC/AS	BC/BS
Superficie tambo (haVT)	141	150	175	227
Vacas Totales (VT)	252	216	157	130
Carga Animal (VT/haVT)	1,79	1,44	0,90	0,57
Suplementación (kg conc/año)	0,351	0,250	0,410	0,228
Productividad (L leche/haVT/año)	12.576	10.478	5.942	3.329
Huella Carbono total (Tn CO ₂ eq/ha/año)	12,28	8,87	5,87	3,18
Huella de Agua total (m ³ /ha/año)	15.930	5.917	7.349	5.024
Huella Carbono relativa (kg CO ₂ eq/L leche)	0,98	0,85	0,99	0,95
Huella de Agua relativa (L agua/L leche)	1.303	565	1.236	1.509

Tabla 1.

Características físicas de los modelos lecheros y sus huellas de Carbono y Agua para el período 2015.

La valoración de la Huella de Carbono resultó superior a otras evaluaciones realizadas en el ámbito nacional, donde Frank⁽²⁰¹⁴⁾ obtuvo 0,46 kg CO₂ eq/L leche. Sin embargo, estas magnitudes son comparables con las encontradas en estudios de Europa, Nueva Zelanda y Estados Unidos, en los que se han reportado valores de 0,8 y 1,4 kg de CO₂ eq por kg de leche fluida^(Sevenster y de Jong, 2008; Capper et al., 2009; Flysjö et al., 2011). Puede interpretarse muy positivamente la comparación con las cifras citadas a escala mundial y para Sudamérica por FAO (2010) (0,94 vs. 2,5 y 3,0 kg CO₂ eq/L leche producido, respectivamente).

Por su parte, los valores obtenidos para Huella de Agua no difirieron de los obtenidos de modelos de producción en otras regiones, encontrándose el valor promedio de este estudio muy próximo al global citado por Salazar y Martínez⁽²⁰¹⁵⁾ (1.153 vs. 1.191 L agua consumidos/L leche producidos). Sultana et al.⁽²⁰¹⁴⁾ reporta valores en litros/kg de leche corregida (entre paréntesis Desv. Est.) de 743 (151) para Europa Occidental, 886 (247) para Europa Central y Oriental, 815 (161) en América del Norte, 1.219 (278) para Sudamérica, 2.064 (507) para Asia y 2.993 (1.081) en África. El mismo estudio cita un promedio global de 1.466 (873) L agua/kg de leche. En la comparación, este trabajo determinó un valor promedio dentro del rango reportado para América del Sur; aunque las magnitudes resultaron superiores a las obtenidas en países desarrollados, parece posible lograr un progreso en este sentido aplicando las pautas correctas que posibiliten mejoras en la productividad sistémica.

Las huellas resultaron de superior magnitud en los modelos con alta suplementación (Gráfico Nº1). En el caso puntual de la HH, los modelos con baja utilización de concentrados tuvieron valoraciones muy próximas independientemente de la carga animal (ésto también puede apreciarse en el Gráfico Nº 2), aunque allí la línea de tendencia indicaría también cierta relación entre huella de agua y carga); es probable que el agua verde de forrajes y cultivos propios se haya visto fuertemente adicionada por la fracción utilizada para producir alimentos balanceados.

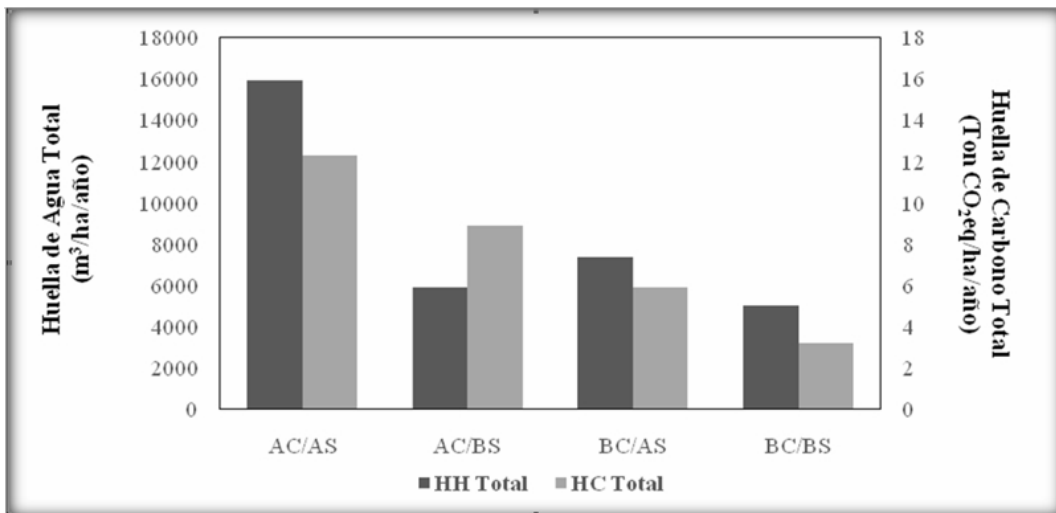


Gráfico Nº 1:

Resultados obtenidos de Huellas totales de Carbono y de Agua según casos de estudio.

Respecto de la HC total, se relacionó positivamente con la carga animal (R^2 0,988, $p < 0,01$), evidenciando la incidencia de la fermentación entérica de los animales en la emisión de GEI (Gráfico Nº 2).

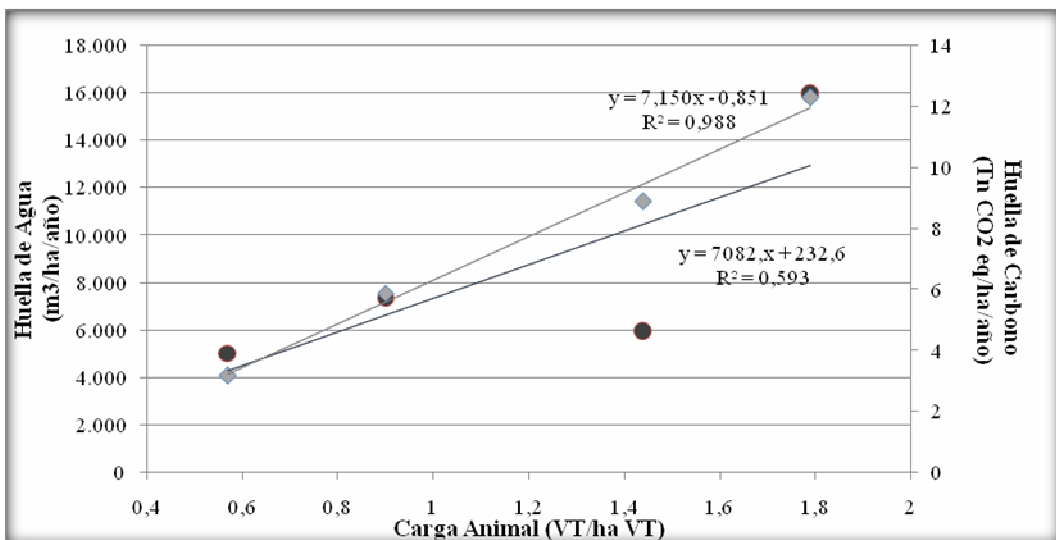


Gráfico Nº 2:

Análisis de Huellas totales de Carbono y de Agua con relación a la variable Carga Animal (VT/ha VT).

En el análisis de las huellas relativas, se observó que independientemente de la productividad obtenida por el sistema, los valores de HC resultaron muy aproximados entre los diferentes modelos (Gráfico N° 3). Los modelos con menor carga animal no evidenciaron menores emisiones gaseosas, por el contrario, los de mayor cantidad de animales por hectárea tuvieron menores emisiones por unidad de producto.

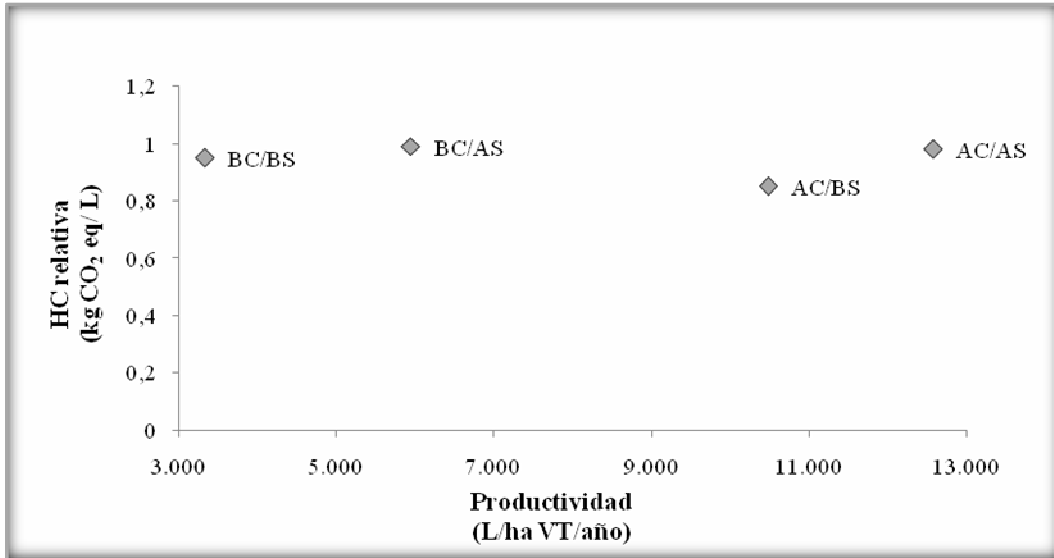


Gráfico N° 3: Relación entre Huella de Carbono relativa (kg CO₂ eq/ L) y Productividad (L/ha VT/año).

Por otro lado, en el análisis de la Huella de Agua relativa se observó que el mayor consumo de agua por unidad de producto se produjo en el modelo de carga animal y suplementación bajas, además, el de menor productividad (Gráfico N° 4).

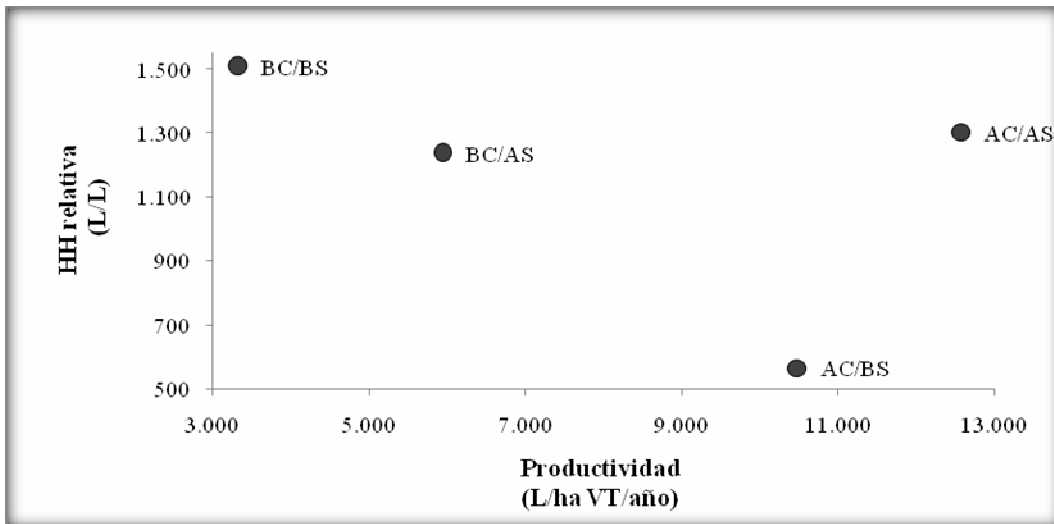


Gráfico N° 4: Relación entre Huella de Agua relativa (L agua/L leche) y Productividad (L/ha VT/año).

La razón de las menores huellas por unidad de producto en modelos con alta carga estaría dada por la altísima relación (R^2 0,996) existente entre productividad y carga animal, es decir que el incremento de unidades ganaderas por hectárea se tradujo en los casos estudiados en una mayor producción de leche por unidad de superficie y por año (Gráfico N° 5).

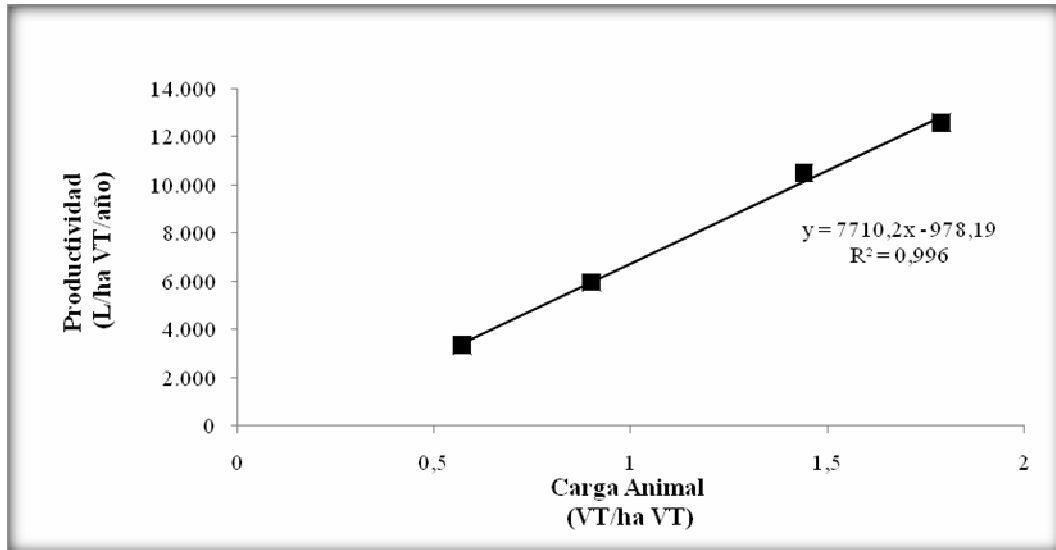


Gráfico N° 5:

Relación entre variables carga animal (VT/ha VT) y productividad (L/ha VT/año).

Conclusiones

Se cumplió con el objetivo general del trabajo, lográndose una valoración de las huellas seleccionadas, así como apreciar la influencia de los parámetros seleccionados como indicativos de intensificación en la expresión de la huella total: carga animal en la de carbono y el incremento de la suplementación alimentaria en la huella de agua. Resultaría de interés ver la tendencia de la relación entre huella de agua y carga animal en una muestra de mayor amplitud. Con respecto a la huella relativa (aquella obtenida por unidad de producto), la intensificación del planteo resulta positiva en la evaluación ambiental en tanto permita obtener mejoras en la productividad del sistema. Esto es aplicable tanto para la Huella de Carbono, en la que no se aprecian diferencias significativas entre los planteos más y menos intensificados, como en la Huella de Agua, en donde el planteo técnico de menor intensificación resultó también ser menos eficiente en el uso de agua.

Los resultados obtenidos con diferentes estrategias productivas y de intensificación se encuentran dentro de los rangos reportados en diferentes partes del mundo, lo cual permite valorizar positivamente los modelos de producción locales y a la vez, proponer pautas de mejora a futuro, orientadas a mitigar emisiones y mejorar la eficiencia de uso del agua.

Bibliografía

- (1) ALVAREZ, H., PECE, M., LARRIPA, M., DICHIO, L., MARTÍNEZ, M., GALLI, J. Cambios en la estructura productiva de un grupo de tambos de la zona de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR) a lo largo de las tres últimas décadas. *II Congreso Internacional de Desarrollo Local y I Jornadas Nacionales de Ciencias Sociales y Desarrollo Rural*. 2010.
- (2) ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CONSORCIOS REGIONALES DE EXPERIMENTACIÓN AGRÍCOLA. Calculador de Carbono para tambos. 2007. Disponible en <http://www.aacrea.org.ar/images/documentos/investigacion/ambiente/Calculador%20Huella%20de%20Carbono%20en%20Tambo.pdf>
- (3) BUELINK, D., SCHALLER, A., LABRIOLA, S. *Principales Cuencas Lecheras Argentinas*. Departamento de Lechería. Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. Segunda Edición. Buenos Aires, 1996.52 pp.
- (4) CAPPER, J.L., CADY, R.A., BAUMAN, D.E. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *Journal of Animal Science*. 2009, N° 87, pp. 2160–2167.
- (5) CENTENO, A. Intensificación en el tambo. ¿Qué cambió? *Hoja de información técnica*. INTA UEEA San Francisco. 2013. Vol. Julio 2013, N°33. ISSN: 2250-8546.
- (6) FLYSJÖ, A., HENRIKSSON, M., CEDERBERG, C., LEDGARD, S., ENGLUND, J. The impact of various parameters on the carbon footprint of milk production in New Zealand and Sweden. *Agricultural Systems*. 2011, N° 104, pp. 459–469.
- (7) GASTALDI, L., ENGLER, P., LITWIN, G., CENTENO, A., MAEKAWA, M Y CUATRÍN, A. Lechería Pampeana. Resultados Productivos Ejercicio 2014-2015. En INTA PNPA 1126043 "Sustentabilidad de los sistemas de producción de leche bovina". 2016. 9 pp. Acceso: Agosto de 2017. Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_encuesta_sectorial_lechera_2014_2015_descriptiva.pdf.
- (8) GASTALDI, L., LITWIN, G., MAEKAWA, M., CENTENO, A., ENGLER, P., CUATRÍN, A., CHIMICZ, J., FERRER, J.L., SUERO, M. El Tambo Argentino: una mirada integral a los sistemas de producción de leche de la Región Pampeana. Ed. INTA. 2015. 10 pp. Acceso: Agosto de 2017. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_el_tambo_argentino_mirada_integral_sis_prod_leche_pamp_abril_2015.pdf.
- (9) FRANK, F. Producción Primaria. En: VIGLIZZO, E. (Ed.) *La huella de Carbono en la Agroindustria*. Anguil: Ed. INTA, 2014. pp 27-33. ISBN: 978-987-521-473-6.
- (10) FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector: a Life Cycle Assessment*. Rome, Italy: FAO, 2010.98 pp. Acceso: Agosto de 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf>
- (11) GIMENEZ, G. *Sustentabilidad en lecherías de Argentina*. Saarbrücken: Editorial Académica Española, 2017.132 pp. ISBN 978-3-8417-5209-3.
- (12) HOEKSTRA, A., CHAPAGAIN, A., ALDAYA, M., MEKKONEN, M. *The water footprint assessment manual. Setting the Global standard*. London, Washington DC: Earthscan, 2011.228 pp. ISBN: 978-1-84971-279-8.
- (13) JOBBÁGY, E.G. Una mirada hacia el futuro. En: VIGLIZZO, E.F. Y JOBBÁGY, E. (Eds.) *Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto Ecológico-Ambiental*. Ed. INTA. 2010. Cap. 12, pp. 71-78.
- (14) MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA. *Estadísticas de Producción Primaria*. Buenos Aires: 2015. Acceso: Agosto de 2017. Disponible en http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas
- (15) NACIONES UNIDAS. El futuro que queremos para todos. En *Informe para el Secretario General de Naciones Unidas preparado por el Grupo de Trabajo para apoyar los esfuerzos de preparación rumbo a la definición de la agenda mundial de desarrollo post-2015*. Nueva York: 2012. 70 pp.
- (16) PANDEY, D., AGRAWAL, M., PANDEY, J. Carbon footprint: current methods of estimation. En *Environmental Monitoring and Assessment*, 2010. Vol. 178(1-4), pp. 135-160.
- (17) SALAZAR SPERBERG, F. Y MARTÍNEZ LAGOS, J. Huella Hídrica en leche y carne bovina. En SERIE ACTAS INIA N° 50. *Determinación de la huella de agua y estrategias de manejo de recursos hídricos*. La Serena, Chile: 2015. Pp 155-164. ISSN 0717-4810.
- (18) SÁNCHEZ, C., SUERO, M., CASTIGNANI, H., TERÁN, J., MARINO, M. La lechería argentina: estado actual y su evolución (2008 a 2011). En 47th Reunión Anual de Economía Agraria. Corrientes, Argentina: 2012.15 pp.
- (19) SEVENSTER, M., DE JONG, F. *A Sustainable Dairy Sector – Global, regional and life cycle facts and figures on greenhouse-gas emissions*. Delft: 2008. 83 pp.
- (20) SULTANA, M., UDDIN, M., RIDOUTT, B., PETERS, K. Comparison of water use in global milk production for different typical farms. En *Agricultural Systems*. 2014. Vol. 129, pp. 9–21.
- (21) UNIÓN EUROPEA. Recomendaciones sobre el uso de métodos comunes para medir y comunicar el comportamiento ambiental de los productos y las organizaciones a lo largo de su ciclo de vida. En *Diario Oficial de la Unión Europea*. 2013. 210 pp. Disponible en <http://www.boe.es/doi/2013/124/L00001-00210.pdf>
- (22) VIONNET, S., LESSARD, L., KOUNINA, A., HUMBERT, S. ISO 14046. Environmental management Water footprint. Switzerland: ISO, 2017. 93 pp. ISBN 978-92-67-10770-7.
- (23) WIEDMANN, T. Carbon Footprint and Input-Output Analysis - An Introduction. En *Economic Systems Research*, 2010. N° 21, pp. 175-186.