

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Tesis para optar por el grado académico de:

Doctor en Ciencias Agrarias

Evaluación productiva y económica de tambos de la cuenca Abasto Buenos Aires y simulación estocástica del efecto de estrategias de intensificación sobre la sustentabilidad económica y ambiental

Ricardo Cristián Lara

Director: PhD Javier Baudracco

Esperanza, Argentina 2020

Miembros del jurado

Ing. Agr. Dr. Berone Germán

Ing. Agr. Dr. Lyons, Nicolás Andrés

Med. Vet. M.Sc. Ph.D. Machado, Claudio

Dedicado a Elena, Gabriela y Lucía

Contenidos

- Capítulo 1 Introducción general**
- Capítulo 2 La intensificación en los sistemas lecheros de base pastoril.
Revisión bibliográfica**
- Capítulo 3 Caracterización técnico-productiva de tambos de la cuenca
Abasto de Buenos Aires**
- Capítulo 4 Estrategias de intensificación en sistemas lecheros
pastoriles: resultados productivos, económicos y evaluación
de riesgo**
- Capítulo 5 Sustentabilidad ambiental de los sistemas lecheros de la
cuenca Abasto de Buenos Aires**
- Capítulo 6 Discusión general y conclusiones**

ÍNDICE

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	- 1 -
RESUMEN	- 2 -
Palabras clave.....	- 3 -
ABSTRACT.....	- 3 -
Key words	- 4 -
Capítulo 1: Introducción general	
Intensificación y Sustentabilidad	- 6 -
Estrategias de intensificación	- 7 -
Objetivos y enfoque	- 7 -
Esquema de la tesis	- 7 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 9 -
Capítulo 2: La intensificación en los sistemas lecheros de base pastoril. Revisión bibliográfica	
INTRODUCCIÓN	- 12 -
REVISIÓN.....	- 13 -
Intensificación del sector agropecuario en el mundo	- 13 -
Intensificación en los sistemas lecheros referentes del mundo	- 13 -
Intensificación de sistemas lecheros de base pastoril en el mundo.....	- 17 -
Intensificación de sistemas lecheros de base pastoril en Argentina.....	- 19 -
Estrategias de intensificación en sistemas lecheros pastoriles	- 21 -
Carga animal.....	- 21 -
Producción de leche individual vs producción por ha.	- 21 -
Producción individual y salud	- 23 -
Producción de forraje y fertilización	- 24 -
Producción de pasturas y cultivos	- 25 -
Potencial de producción de las vacas	- 25 -
Suplementación	- 27 -
Impacto de la intensificación en los sistemas lecheros	- 27 -
Impacto social.....	- 27 -
Impacto ambiental	- 28 -
Impacto productivo.....	- 29 -
Impacto económico.....	- 30 -
Impacto sobre el bienestar animal	- 31 -
Riesgos de la intensificación en sistemas lecheros	- 32 -
CONCLUSIONES	- 33 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 35 -
Capítulo 3: Caracterización técnico-productiva de tambos de la cuenca Abasto de Buenos Aires	
INTRODUCCIÓN	- 48 -
MATERIALES Y MÉTODOS	- 48 -
Guía de relevamiento	- 49 -
Características generales del establecimiento	- 49 -
Infraestructura relevada.....	- 49 -
Instalaciones de ordeño	- 50 -
Sombras, aguadas y callejones	- 50 -

Instalaciones de parto	- 50 -
Manejo y tecnología aplicada	- 50 -
Crianza de terneros	- 50 -
Ordeño	- 50 -
Reproducción	- 50 -
Cultivos	- 50 -
Alimentación	- 50 -
Recursos naturales	- 50 -
Suelo	- 50 -
Agua de bebida para el ganado	- 50 -
Litros libres de alimentación	- 51 -
Análisis de los datos	- 51 -
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 52 -
Características generales del tambo promedio	- 52 -
Infraestructura en los tambos	- 52 -
Instalaciones de ordeño	- 52 -
Sombra para animales	- 53 -
Aguadas	- 55 -
Callejones	- 55 -
Infraestructura de parto	- 55 -
Manejo y tecnología aplicada	- 56 -
Crianza de terneros	- 56 -
Ordeño	- 56 -
Reproducción	- 57 -
Cultivo de alfalfa	- 57 -
Cultivo de maíz para silaje	- 58 -
Cultivo de invierno	- 58 -
Alimentación de las vacas en ordeño	- 58 -
Litros libres de alimentación	- 58 -
Recursos naturales	- 58 -
Calidad de agua de bebida para ganado	- 58 -
Calidad de suelo	- 58 -
Índices	- 59 -
Estratificación de tambos	- 61 -
Análisis de correlaciones	- 63 -
Análisis de regresión múltiple	- 64 -
Implicancias del estudio	- 65 -
CONCLUSIONES	- 65 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 66 -

Capítulo 4: Estrategias de intensificación en sistemas lecheros pastoriles: resultados productivos, económicos y evaluación de riesgo

INTRODUCCIÓN	- 70 -
MATERIALES Y MÉTODOS	- 72 -
Caracterización del sistema productivo representativo de la región Abasto Buenos Aires	- 72 -
Alternativas de intensificación evaluadas	- 72 -
Modelos de simulación utilizados	- 74 -
Simulación de rendimiento y variabilidad de los cultivos con el modelo APSIM	- 74 -
Modelo de simulación de sistema lechero (e-Dairy)	- 74 -

Supuestos utilizados en la simulación	- 77 -
Rendimiento de cultivos	- 77 -
Supuestos económicos	- 77 -
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 79 -
Simulaciones determinísticas: resultados económicos y productivos.....	- 79 -
Mayor eficiencia de cosecha de alimentos (A1).....	- 80 -
Mayor cantidad y calidad de alimentos concentrados por vaca (A2).....	- 80 -
Mayor carga animal y mayor producción de forrajes (A3)	- 80 -
Mayor carga, mayor cantidad y calidad de alimentos concentrados (A4).....	- 81 -
Mayor carga animal, mayor producción de forrajes y mayor cantidad y calidad de alimentos concentrados (A5).....	- 81 -
Simulaciones estocásticas:	- 82 -
CONCLUSIONES	- 83 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 84 -

Capítulo 5: Sustentabilidad ambiental de los sistemas lecheros de la cuenca Abasto de Buenos Aires

INTRODUCCIÓN	- 89 -
MATERIALES Y METODOS	- 90 -
Sistema lechero de referencia (SR)	- 90 -
Sistemas lecheros intensificados a partir del sistema de referencia (SR)	- 90 -
Balance de nutrientes	- 91 -
Huella de carbono.....	- 93 -
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 95 -
Balance de nutrientes	- 95 -
Huella de carbono.....	- 97 -
Relación resultados ambientales y económicos	- 98 -
CONCLUSIONES	- 99 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 100 -

Capítulo 6: Discusión general y conclusiones

REVISION BIBLIOGRAFICA: APORTES GENERALES DEL CAPÍTULO 2.....	- 105 -
La producción agropecuaria y los sistemas lecheros intensificados	- 105 -
Sistemas lecheros de base pastoril en Argentina.....	- 105 -
CARACTERIZACIÓN DE LOS TAMBOS RELVADOS: APORTES GENERALES DEL CAPÍTULO 3 ...-	106 -
ESTRATEGIAS DE INTENSIFICACIÓN: APORTES GENERALES DEL CAPITULO 4	- 106 -
1 - Eficiencia de uso de alimentos como estrategia de intensificación	- 106 -
2 - Cantidad y calidad de concentrado como estrategia de intensificación.....	- 107 -
3 - Carga Animal como estrategia de intensificación	- 107 -
4 - Producción de forrajes como estrategia de intensificación.....	- 107 -
Producción de leche en sistemas intensificados.....	- 108 -
Factibilidad de estrategias de intensificación.....	- 109 -
SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LOS SISTEMAS LECHEROS: APORTES GENERALES DEL CAPÍTULO 5.....	- 109 -
CONSIDERACIONES FINALES.....	- 109 -
CONCLUSIONES GENERALES.....	- 110 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 111 -
AGRADECIMIENTOS	- 114 -
APÉNDICE.....	- 115 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variación de producción y estrategias de intensificación de diferentes países y/o regiones.	- 16 -
Tabla 2. Número de tambos y vacas, producción de leche por vaca, y tamaño de rodeo entre 1998 y 2018 en Argentina ¹ (Lazzarini et al., 2019).	- 30 -
Tabla 3. Características generales de los tambos relevados: uso de la superficie, cantidad de vacas y producción de leche (n = 29)	- 53 -
Tabla 4. Descripción de la infraestructura relevada en los tambos: instalación de ordeño, sombras, aguadas, callejones.	- 54 -
Tabla 5. Calidad de suelo y calidad de agua en los tambos relevados.	- 59 -
Tabla 6. Resultados obtenidos de promedios de cada índice compuesto.	- 60 -
Tabla 7. Coeficientes de correlación entre índice compuesto de infraestructura y medidas de eficiencia.	- 61 -
Tabla 8. Datos generales de promedios de todos los tambos relevados y de los tambos estratificación por su nivel de producción diaria.	- 61 -
Tabla 9. Resultados promedios de las variables relevadas infraestructura y ordeño de todos los tambos y de los tambos estratificación por su nivel de producción diaria.	- 62 -
Tabla 10. Correlaciones entre variables relevadas en los 29 tambos.	- 64 -
Tabla 11. Parámetros predictores y porcentaje de incidencia en indicadores de eficiencia de los tambos relevados.	- 65 -
Tabla 12. Descripción de los sistemas evaluados en el estudio (sistema de referencia (SR) y alternativa de intensificación).	- 74 -
Tabla 13. Rendimientos de pasturas y cultivos anuales de los sistemas evaluados (SR, A1, A2, A3, A4 y A5), resultantes de las simulaciones.	- 77 -
Tabla 14. Supuestos económicos.	- 78 -
Tabla 15. Resultados productivos y económicos del SR y las diferentes alternativas de intensificación.	- 79 -
Tabla 16. Descripción de los sistemas evaluados en el estudio de modelación descriptos en el Capítulo 4 del presente estudio, sistema de referencia (SR) y sistemas alternativos.	- 91 -
Tabla 17. Resumen de salidas del Calculador de balance de nutrientes (FCV UBA, 2017).	- 92 -
Tabla 18. Supuestos utilizados en el Calculador de balance de nutrientes (FCV UBA, 2017) para cada sistema evaluado.	- 93 -
Tabla 19. Esquema de resumen de resultados del Calculador de emisiones para tambo - CREA	- 93 -
Tabla 20. Supuestos utilizados en el Calculador de Huella de Carbono en Tambo AACREA (2017).	- 94 -
Tabla 21. Datos productivos del sistema de referencia (SR) y las diferentes alternativas de intensificación.	- 95 -
Tabla 22. Resultados del Calculador de balance de nutrientes.	- 96 -
Tabla 23. Resultados de emisiones de gases de efecto invernadero.	- 97 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de funcionamiento del modelo e-Dairy. - 75 -

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Valores de índices promedios de cada aspecto relevado del total de los tambos. - 60 -

Gráfico 2. Resultados económicos espera cada uno de los sistemas productivos investigados (SR, A1, A2, A3, A4 y A5), asignando comportamiento estocástico al rendimiento de cultivos y al precio de leche y el precio del alimento concentrado. - 83 -

Gráfico 3. Relación entre el balance de N en g por litro de leche y el resultado económico de acuerdo a la variación en la intensificación (variable de resultado de productividad) del sistema de referencia (SR) y alternativas de intensificación (A1, A2, A3, A4 y A5) - 98 -

Gráfico 4. Relación entre emisión total de kg de CO₂ eq por litro y el resultado económico, con la variación en la intensificación (variable de resultado de productividad) del sistema de referencia (SR) y las alternativas de intensificación (A1, A2, A3, A4 y A5). - 99 -

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

AACREA	Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola
APSIM	Agricultural Production Systems sIMulator
CSO	Central Statistics Office; Oficina central de estadísticas de Irlanda
CNIEL	Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière
CLA	Ácido Linolénico Conjugado
DE	Desviación estándar
DIEA	Oficina de Estadísticas Agropecuarias
EM	Energía Metabolizable
FAO	Food and agriculture organization of the united nations
FAOSTAT	Estadísticas de la FAO
FCV UBA	Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires
FUNPEL	Fundación del Plan Estratégico Lechero
FDA	Fosfato Di amónico
GB	Grasa butirosa
GEI	Gases de efecto invernadero
GWP	Global-warming potential
HA	Holando Americana
HC	Huella de carbono
HR	Húmedad Relativa
IAASTD	International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development
IFSM	IFSM (Integrated Farm System Model)
INALE	Instituto nacional de la leche de Uruguay
INTA	Instituto nacional de tecnología agropecuaria de Argentina
IPCC	Intergovernmental panel on climate change
ITH	Índice de Temperatura y Húmedad
LCA	Life Cycle Assessment
LIC	Livestock improvement corporation
LLA	Litros Libres de Alimentación
MAX	Máximo
MIN	Mínimo
MS	Materia seca
NRC	National Research Council
OCLA	Observatorio de la cadena láctea argentina
P	Proteína
PCE	Parliamentary Commissioner for the Environment
PMR	Ración Parcialmente Mezclada
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
SPT	Super Fosfato Triple
SR	Sistema de Referencia
UAN	Urea-Nitrato de Amónio
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
US\$	Dólar estadounidense
WFM	Whole farm Model

RESUMEN

Ante la escasa información sobre las condiciones productivas y económicas de los tambos de la cuenca Abasto Buenos Aires y la falta de estudios sobre el impacto de estrategias de intensificación sobre sus resultados productivos, económicos y ambientales, se determinó como objetivo de esta tesis relevar el estado productivo y económico de tambos de la cuenca Abasto Buenos Aires, y analizar el impacto de estrategias de intensificación sobre los resultados productivos, económicos, el riesgo y el impacto ambiental de los sistemas lecheros relevados. Inicialmente se realizó un relevamiento de aspectos productivos, de infraestructura, de manejo, tecnología aplicada y de recursos naturales en 29 tambos ubicados en dicha cuenca. Utilizando el promedio de los datos obtenidos se construyó un sistema de referencia (SR) a partir del cual se plantearon cinco estrategias de intensificación. El impacto ambiental de los sistemas se evaluó utilizando el balance de nutrientes y la emisión de gases de efecto invernadero.

En el relevamiento se detectó que los tambos presentan serias limitantes productivas en aspectos de infraestructura, estado de los suelos y de manejo general. Los aspectos diagnosticados como más críticos fueron la insuficiente provisión de agua de bebida y sombras para las vacas, las instalaciones de ordeño antiguas y subdimensionadas respecto al número de animales, lo que deriva en un exceso de horas de trabajo y puede impactar negativamente sobre el bienestar animal y la motivación de los operarios. También se detectó la carencia de nutrientes de suelo esenciales.

Se evaluaron cinco estrategias de intensificación, combinando uno o más de los siguientes cambios: incremento en la eficiencia de uso de los alimentos como consecuencia de mejorar el manejo, incremento en la cantidad y calidad del concentrado suministrado por vaca, incremento en la producción de forrajes y en la carga animal. Todas las estrategias de intensificación analizadas generaron mayores resultados económicos que el sistema promedio de la región, aunque también mostraron mayor variación de resultados económicos cuando se consideró el efecto estocástico de los rendimientos de los cultivos y los precios de la leche y los alimentos concentrados.

La alternativa de mayor eficiencia en la utilización de los alimentos alternativa 1 (A1), fue la estrategia que obtuvo mayor rentabilidad, y demostró mayor estabilidad de resultados ante escenarios desfavorables de mercado y clima. Esto indica que el camino hacia una mayor productividad debería iniciarse a través del uso más eficiente de los recursos actuales.

Todas las alternativas de intensificación analizadas resultaron en mayor variabilidad de resultados económicos (más riesgo) que el SR, excepto la alternativa que se basó en mayor eficiencia de uso de alimentos. Como consecuencia, se deduce que al intensificar se requiere mejor manejo financiero para poder afrontar los años con menores resultados económicos.

Si bien el incremento de productividad de los sistemas intensificados generó balances positivos más elevados en kg de N por ha que el SR, se observó que todas las alternativas de intensificación investigadas en el presente estudio resultaron en una mayor eficiencia de utilización de nitrógeno (Egresos Totales/Ingresos Totales x

100) que el SR. Todas las alternativas de intensificación evaluadas permitirían reducir las emisiones por litro de leche.

Palabras clave: sistemas lecheros, relevamiento, pastoril, limitaciones, emisiones, riesgo

ABSTRACT

Given the scarce information on the productive and economic conditions of the dairy farms of the Abasto Buenos Aires basin and the lack of studies on the impact of intensification strategies on their productive, economic and environmental results, it was determined that the objective of this thesis was to survey the productive and economic performance of dairy farms in the region of Abasto Buenos Aires, and to analyze the impact of intensification strategies on the productive, economic, risk and environmental impact of the survey dairy systems. Initially, a survey of productive, infrastructure, management, applied technology and natural resources aspects was carried out in 29 dairy farms. Using data from the average surveyed farm, a reference system (SR) was built from which five intensification strategies were proposed. The environmental impact of the systems was evaluated using estimations of nutrient balances and emission of greenhouse gases.

It was detected that surveyed dairy farmers have serious infrastructure constraints, limitations on soil fertility and limitations on general management. The most critical aspects identified were the insufficient provision of drinking water and shades for cows, old and under-sized milking facilities, which results in excessive working hours and can have negative impact on animal wellbeing and on people motivation.

Five intensification strategies were evaluated. Strategies resulted from combining one or more of the different changes in the system: increases in the efficiency of use of feeds by improved management, increases in the quantity and quality of the concentrate supplied per cow, increases in forage production and in the stocking rate. All the intensification strategies analyzed resulted in greater economic results than the average system of the region; however, all intensification strategies showed greater variation in the economic results when considering the stochastic effect of pasture and crop yields and the stochastic effect of milk prices and concentrated foods.

The alternative of greater efficiency in the use of food alternative 1 (A1), was the strategy that obtained greater profitability, and demonstrated greater stability of results in the face of unfavorable market and climate scenarios. This indicates that the path to higher productivity should begin through the more efficient use of current resources.

All the intensification alternatives analyzed resulted in greater variability of economic results (more risk) than the SR, except for the alternative that was based on greater efficiency of food use. As a consequence, it follows that, when intensifying, better financial management is required in order to face the years with lower economic results.

Although the increase in productivity of the intensified systems generated higher positive balances in kg of N per ha than the SR, it was observed that all the intensification alternatives investigated in the present study resulted in a greater efficiency of nitrogen utilization ($\text{Total Output} / \text{Total Input} \times 100$) compared to the SR. All the intensification alternatives evaluated would reduce emissions per liter of milk.

Key words: dairy systems, survey, pastoral, limitations, emissions, risk.

Capítulo 1

Introducción general

En la cuenca Abasto Buenos Aires, es escasa la información sobre las condiciones productivas y económicas de sus tambos y no existen estudios sobre el impacto de estrategias de intensificación sobre sus resultados productivos, económicos y ambientales.

En sintonía con lo que ha ocurrido en los principales sistemas lecheros del mundo, en Argentina la cantidad de tambos se redujo (de 30.131 en 1988 a 11.273 tambos en 2018; OCLA, 2019; SENASA, 2019). La cantidad de vacas por tambo se incrementó en los últimos 20 años (de 107 en el año 1998 a 160 en el 2018), lo que resultó en menor cantidad de tambos que producen más litros por tambo, es decir que ha ocurrido un proceso de concentración e intensificación (OCLA, 2018). Sin embargo, el incremento en la cantidad de vacas por tambo ocurrió sin la inversión necesaria en infraestructura, lo que afecta el bienestar de las vacas y las condiciones laborales de la gente (Baudracco et al., 2014).

Intensificación y Sustentabilidad

La intensificación de la producción agropecuaria es el factor más importante que incidió en el aumento de la producción de alimentos en el mundo desde mediados del siglo XX, Pretty (2013). La producción mundial de lácteos se incrementó exponencialmente desde 1961 a 2017, en un 108% (FAOSTAT, 2019). Existe concordancia en la forma en que se ha intensificado la producción láctea. Esta se basó principalmente en un aumento en el número de vacas lecheras por hectárea, la adquisición de ganado lechero genéticamente mejorado y el aumento de los concentrados en la dieta (Caviglia-Harris, 2005)

Se ha definido a la intensificación en lechería como el aumento de la producción de leche por animal y también por superficie de tierra, conduciendo a sistemas de manejo más complejos (Oenema et al., 2014). Jacobs (2014), considera que, para animales lecheros, la intensificación generalmente resulta del aumento en el consumo de alimento y optimización de la eficiencia de conversión alimenticia, mientras que, para la pastura y la producción de forraje, la intensificación pasa por una mejor utilización de la tierra y mayor provisión de agua y nutrientes en fertilizantes especialmente nitrógeno (N). La intensificación de la producción láctea ha aumentado la necesidad de insumos externos para permitir mayor carga animal y aumentos de producción de leche por vaca (Foote, et al., 2015). Esta intensificación de los sistemas lecheros puede comprometer la sustentabilidad de estos, si se realiza de manera inadecuada.

Viglizzo et al., 2006 y Engler et al., 2011 sostienen que en Argentina los procesos de intensificación permitieron, en general, mejorar los resultados económicos de las empresas agropecuarias. A pesar de ello, Lazzarini et al., (2014) afirma que no siempre se logra el incremento de la rentabilidad a partir de la suplementación, debido a que la respuesta a la suplementación puede ser muy variable, dependiendo de varios factores relacionados a las vacas, los alimentos y el manejo de ambos. Además, debe considerarse que la intensificación puede ir acompañada de niveles crecientes de riesgo y de impacto ambiental. No obstante, la intensificación permite incrementar la producción de alimentos a partir de fuentes no destinadas a la alimentación humana, preservar los servicios del ecosistema, promover tierras para cultivar, reciclar nutrientes para las plantas y proporcionar beneficios sociales tal como evitar la migración de la población rural (Janzen,

2011). Salou (2017) concluyó que la conciliación de los impactos ambientales y la productividad es difícil, y sus resultados revelaron que la intensificación del sistema lechero conduce invariablemente a mayores impactos ambientales por hectárea de tierra ocupada.

Estrategias de intensificación

Los sistemas de producción lecheros se caracterizan por ser muy diversos en cuanto a sus aspectos organizacionales, tecnológicos y localización geográfica. La evaluación de escenarios de intensificación en situaciones de campo es compleja y costosa. El uso de modelos de simulación es una alternativa práctica y de bajo costo, que permite realizar una representación simplificada de la realidad, evaluar diversos escenarios productivos (evaluación de riesgo) en periodos breves y con menor costo que los ensayos a campo (Beukes et al., 2008). Existen simuladores desarrollados en cuencas lecheras de otros países como NZ, EEUU que se utilizan para generar recomendaciones y detectar áreas de investigación, entre ellos se pueden citar: el IFSM (Integrated Farm System Model - Rotz et al., 2012), WFM (Whole Farm Model – Beukes, et al., 2008), Farmax Dairy Pro (Bryant et al., 2010) o Plan T (Durán et al., 2009) como algunos ejemplos.

El modelo e-Dairy (Baudracco et al, 2013) es un modelo computarizado, mecanicista, dinámico y estocástico para simulación de sistemas lecheros y fue previamente utilizado para simular sistemas lecheros de Argentina. El modelo puede simular, estocásticamente, el comportamiento de variables claves del sistema lechero. En los tests de validación efectuados, usando dos bases de datos de experimentos de sistemas lecheros (de Argentina y de Nueva Zelanda), el modelo mostró niveles de predicción satisfactorios para todas las variables evaluadas (Baudracco et al., 2013).

Objetivos y enfoque

Los objetivos de este trabajo fueron relevar el estado actual, productivo y económico, de tambos de la cuenca Abasto Buenos Aires, y analizar, utilizando un modelo de simulación dinámico y estocástico, el resultado productivo, económico, ambiental y el riesgo de estrategias de intensificación que mejoren el estado inicial de dichos tambos.

La hipótesis es que los sistemas lecheros de la región bajo estudio presentan limitantes a la productividad y a la rentabilidad, y que la intensificación (mayor productividad) puede incrementar la rentabilidad, el riesgo y el impacto ambiental total de los sistemas lecheros de la región estudiada.

Esquema de la tesis

En el Capítulo 2 se realizó una revisión de los alcances de la intensificación del sector agropecuario en el mundo y su importancia en los sistemas lecheros. Además, se abordó la intensificación de los sistemas lecheros de base pastoril en el mundo y en Argentina. En una segunda parte se revisaron estrategias de intensificación en sistemas lecheros pastoriles, particularmente de la carga animal, producción animal, producción por hectárea, potencial de producción de alimentos, fertilización, relación entre áreas de pastura y de cultivos, potencial de producción de las vacas y suplementación. Seguidamente se exploró el impacto de la

intensificación en los sistemas lecheros, en relación al impacto social, ambiental, productivo, económico y sobre el bienestar animal. Finalmente se investigó acerca de los riesgos de la intensificación.

En el Capítulo 3 se realizó una caracterización técnica y productiva de tambos de la cuenca Abasto Buenos Aires, para detectar los principales factores que podrían limitar la eficiencia de procesos productivos; a través de un relevamiento de infraestructura, recursos naturales y tecnología aplicada.

El Capítulo 4 informa sobre la respuesta productiva, económica y de riesgo surgidas de la comparación de estrategias de intensificación, utilizando modelos de simulación, explorando estrategias de intensificación a partir de un modelo base, surgido de datos obtenidos en el relevamiento reportado en el Capítulo 3.

El Capítulo 5 evalúa el impacto ambiental de los sistemas de producción de leche explorados en el Capítulo 4. Esta evaluación fue realizada mediante dos modelos de simulación: uno para estimar el balance de nutrientes y otro para estimar la huella de carbono.

Una discusión general de la tesis es descripta en el Capítulo 6, comenzando con una síntesis del estudio realizado, para luego abordar los aportes centrales de la revisión. Además, en este último Capítulo se discuten los aportes principales de la caracterización de los tambos relevados (Capítulo 3) y de las estrategias de intensificación aplicadas (Capítulo 4).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baudracco, J.; N. Lopez-Villalobos; L. Romero; D. Scandolo; M. Maciel; E. Comeron; C. Holmes & T. Barry. (2011). Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbred Holstein-Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. *Animal Feed Sciences and Technology* 168, 131-143.
- Baudracco, J; N. Lopez-Villalobos; C. Holmes; E. Comeron; K. MacDonald & T. Barry. (2013). E-Dairy: a dynamic and stochastic whole-farm model that predicts biophysical and economic performance of grazing dairy systems. *Animal* 7, 870–878
- Baudracco, J.; B. Lazzarini; N. Lyons; D. Braida; A. Rosset; J. Jauregui y J. Maiztegui. (2014). Cuantificación de limitantes productivas en sistemas lecheros de Argentina. Proyecto INDICES. Parte 1. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 34 Supl. 1: 213-290*
- Baudracco, J.; J. Maiztegui; J. Jáuregui; B. Lazzarini; A. Rosset y R. Gagliardi. (2017). Productividad, resultado económico y riesgo de sistemas lecheros en el centro-norte de Argentina. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 33(2), 152-162. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902017005000501>
- Beukes, P.; C. Palliser; K. Macdonald; J. Lancaster; G. Levy; B. Thorrold & M. Wastney. (2008). Evaluation of a whole-farm model for pasture-based dairy systems. *Journal of Dairy Science* 91:2353-2360
- Bryant, J.; G. Ogle; P. Marshall; C. Glassey; J. Lancaster; S.Garcia & C. Holmes. (2010). Description and evaluation of the Farmax Dairy Pro decision support model. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 53, 13–28.
- Caviglia-Harris, J. (2005). Cattle accumulation and land use intensification by households in the Brazilian Amazon. *Agric. Resour. Econ. Rev.* 34:145–162
- Duran H.; G. Alles; A. La Manna y O. Ravagnolo. (2009). Plan T: Nueva herramienta informática para el estudio y Planificación productiva de predios lecheros. *Revista INIA N° 18. Junio 2009*, pp: 20-24.
- Engler, P. y G. Vicente. (2011). Modelos de optimización para evaluar la sustentabilidad económica y ambiental en sistemas agrícolas de Entre Ríos. *Modelización económica en el sector agropecuario*. Ed. Carmen Vicien, Susana Pena de Ladaga y Gerardo Petri pp.131-149.
- FAOSTAT. (2019). Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#compare>
- Foote, K.; M. Joy & R. Death. (2015). *New Zealand Dairy Farming: Milking Our Environment for All Its Worth*. *Environmental Management* September 2015, Volume 56, Issue 3, pp 709–720. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0517-x>
- Hemme, T. (2017). *International Farm Comparison Network Dairy Report 2017*. Int. Farm Compar. Netw., Kiel, Germany.
- Jacobs, J. (2014). Challenges in ration formulation in pasture-based milk production systems. *Anim. Prod. Sci.* 2014 (54), 1130–1140.
- Janzen, H. (2011). What place for livestock on a re-greening earth? *Anim. Feed Sci. Technol.* 167:783–796.

- Lazzarini, B.; J. Baudracco; E. Demarchi; D. Lovino & J. Jáuregui. (2014). Evolución de la suplementación, el consumo de pastura y la producción de leche en sistemas lecheros de argentina. FAVE. Secc. Cienc. agrar. vol.13 no.2. Versión impresa ISSN 1666-7719
- OCLA. (2018). OCLA (Observatorio de la Cadena Láctea Argentina). Balance Lácteo. Disponible en, <http://www.ocla.org.ar/contents/news/details/12114104-balance-lacteo>.
- OCLA. (2019). OCLA (Observatorio de la Cadena Láctea Argentina). Lechería Mundial - Principales Aspectos. Disponible en: www.ocla.org.ar
- Oenema, O.; C. de Klein; M. Alfaro (2014). Intensification of grassland and forage use: driving forces and constraints. *Crop Pasture Sci.* 65, 524–537.
- Pretty, J. (2013). The consumption of a finite planet: well-being, convergence, divergence and the nascent green economy. *Environmental and Resource Economics* 55: 475–499
- Salado, E. (2015). Estrategias de alimentación en sistemas lecheros: comparación de sistemas confinados vs. pastoriles. 12° Congreso Panamericano de la Leche. Asunción, Paraguay. In: 12° Congreso Panamericano de la Leche. Asunción, Paraguay; 2012
- Salou, T; C. Le Mouël; H. van der Werf. (2017). Environmental impacts of dairy system intensification: the functional unit matters. *J Clean Prod* 140:445–454
- SENASA. (2019). Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/senasa/mercados-y-estadisticas/estadisticas/animal-estadisticas/bovinos/bovinos-y-bubalinos-sector-primario>
- VandeHaar, M.; L. Armentano; K. Weigel; D. Spurlock; J. Tempelman and R. Veerkamp. (2016) Harnessing the genetics of the modern dairy cow to continue improvements in feed efficiency. *J. dairy Sci.* 99:4941-4954. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10352>
- Viglizzo, E.; F. Frank; J. Bernardos; D. Buschiazzi y S. Cabo. (2006). “A rapid method for assessing the environmental performance of commercial farms in the pampas of Argentina”. *Environmental Monitoring and Assessment* 117: 109–134.

Capítulo 2

Intensificación en los sistemas lecheros
de base pastoril: Revisión bibliográfica

INTRODUCCIÓN

La intensificación es el factor que más incidió en el aumento de la producción de alimentos desde mediados del siglo XX (Tilman et al., 2002 y Fuglie, 2012). Dicho aumento se debió además a la expansión de la superficie cultivable (Pretty, 2013). Mientras que el área agrícola se expandió un 11% (de 4,5 a 5 billones de hectáreas) y el área cultivable un 10% (de 1.27 a 1.4 billones de hectáreas), la producción de alimentos llegó a incrementarse en un 145% (280% en Asia y 200% en América latina). Los mayores aumentos se han producido en China, llegando a quintuplicar la producción. Las principales tecnologías que permitieron la intensificación fueron el riego, el número de máquinas agrícolas (se incrementó en aproximadamente 2 veces), el consumo de global de fertilizante (en 4 veces) y el consumo de fertilizantes nitrogenados (por 7 veces).

Numerosas acepciones son consideradas por diversos autores a la hora de definir la intensificación en el sector agropecuario. Donald et al. (2011), la define como el aumento de producción por unidad de área de tierra, considerando a esta como el máximo limitante para la producción agrícola. El enfoque de FAO (2004) tiene en cuenta el incremento de producción de los *commodities* agrícolas por unidad de insumo (trabajo, tierra, tiempo, fertilizante, semillas, animales o dinero). Otros autores lo determinan en forma más general como el aumento en las salidas (*outputs*) por unidad de área (MacLeod y Moller 2006 ; Moller et al. 2008), al aumentar las entradas (*inputs*) (Beukes et al. 2012).

La producción mundial de lácteos se incrementó exponencialmente desde 1961 a 2017, en un 108% (FAOSTAT, 2019). Este incremento se basó principalmente en un aumento en el número de vacas lecheras por hectárea, en el mejoramiento genético del ganado lechero y en el aumento de los concentrados en la dieta (Caviglia-Harris, 2005). La producción láctea ha aumentado la necesidad de insumos externos al predio para permitir mayor carga animal y aumentos de producción (Foote, et al., 2015). Esta intensificación se ha asociado con efectos ambientales externos a los tambos.

Los sistemas lecheros basados en pastoreo poseen varias ventajas por sobre los sistemas confinados. Los sistemas pastoriles permiten producir con un menor costo que los sistemas que utilizan más insumos (Parker et al., 1992; Soder y Rotz, 2001); mejoran el bienestar de las vacas; aunque los beneficios no están garantizados cuando el manejo no satisface las necesidades de los animales (Wagner, 2018). Por ejemplo, varios estudios indicaron menos problemas de patas en sistemas con pastoreo comparados a sistemas confinados (Olmos, 2009; Haskell, 2006; Hernandez-Mendo, 2007), un número reducido de lesiones en patas (Rutherford, 2009; Burow, 2013), y disminución de la incidencia de mastitis (Washburn, 2002; White, 2002).

Sin embargo, en Argentina, en las últimas décadas hubo una creciente tendencia hacia la adopción de sistemas más intensivos (Alvarez 2008). Debe considerarse que los sistemas basados en pasturas (con o sin suplementación) son altamente vulnerables a los distintos factores ambientales y de manejo. El riesgo de eventos climáticos adversos, de acuerdo con el IPCC (2007), podría incrementarse en el futuro (Mendoza, 2011).

El objetivo de este capítulo fue describir las estrategias y características de la intensificación de sistemas lecheros y analizar su importancia, impacto y riesgo en los sistemas lecheros base pastoril.

REVISIÓN

Intensificación del sector agropecuario en el mundo

Como ya se mencionó, la intensificación del sector agropecuario ha influido de manera determinante en la producción mundial de alimentos, muchos cultivos y ganados muestran permanentes cambios en la productividad. Las nuevas variedades de cultivos y las razas de ganado, combinadas con un mayor uso de fertilizantes inorgánicos, pesticidas y maquinaria, junto con un mejor control del agua, llevaron a este fuerte aumento en la producción de alimentos de los sistemas agrícolas desde principios de la década de 1960 (Pretty & Bharucha, 2014).

A su vez, durante el mismo período, la población mundial ha crecido de 3 mil millones a superar los 7 mil millones (Pretty, 2013). Sin embargo, la producción agrícola per cápita ha superado el crecimiento de la población. Por lo tanto, para cada persona de hoy, hay un 25% más de comida en comparación con el año 1960. A pesar de ello será necesario producir una cantidad considerablemente mayor de alimentos a medida que la población continúe creciendo y los patrones de consumo de alimentos converjan en las dietas típicas de los países y sociedades más ricos (Pretty & Bharucha, 2014). El aumento de la riqueza se asocia con cambios de dieta (Popkin, 1993), una característica clave de la transición de la dieta global en las últimas décadas fue la mayor demanda de proteínas animales a medida que aumenta el poder adquisitivo.

La intensificación del sector agropecuario implicó una alta extracción de recursos naturales y la incorporación de insumos que inciden en el costo ambiental. Ha aumentado considerablemente la demanda de nutrientes del suelo por la producción de cultivos; según Jones et al. (2013), satisfacer esta demanda a través de fertilizantes sintéticos está asociado con un alto costo energético, ambiental y de salud pública. Si bien la fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) reponen algunos de los nutrientes empleados en la producción intensiva, muchos nutrientes minerales se reponen de manera inadecuada, con implicaciones negativas para la salud del suelo y la seguridad nutricional (Jones *et al.*, 2013).

Intensificación en los sistemas lecheros referentes del mundo

La intensificación de los sistemas lecheros se dio a partir de diversas tecnologías que han cambiado en el tiempo y han definido diferentes sistemas productivos en los países referentes en producción láctea. Oenema et al. (2014) definen a la intensificación en lechería como el aumento de la producción de leche por animal y por superficie de tierra. Para animales lecheros, la intensificación generalmente resulta del aumento en el consumo de alimento y la optimización de la eficiencia de conversión alimenticia, mientras que para la pastura (Jacobs 2014) y para la producción de forraje, la intensificación consiste en incrementar la productividad de la tierra y permitir una mayor provisión de agua y nutrientes (Stott & Gourley, 2016).

Los sistemas con animales confinados, alimentados con raciones totalmente mezcladas (TMRs, por sus siglas en inglés), permiten expresar el potencial de producción de leche de vacas de alto mérito genético y determinar de manera simple el consumo de alimento y monitoreo de los costos de alimentación. Sin embargo, los costos de producción suelen ser altos, principalmente el del alimento y el de la mano de obra, los cuales representan en conjunto más del 50% de los ingresos por venta de leche en muchos casos (Moore, 1998; Short, 2004).

En la búsqueda de sistemas de alimentación alternativos al confinamiento, sistemas más rentables y de bajo costo (por un escenario de bajos precios de leche y estrecho margen de ganancia) y en búsqueda de prácticas amigables con el ambiente, se ha dado lugar a un creciente interés en los sistemas de producción de leche basados en pasturas en el Sudeste de EEUU (Vibart et al., 2006). Si bien los sistemas confinados basados en el uso de TMRs son muy populares en EEUU, ha habido en los últimos años un creciente interés en el uso de la pastura como fuente de forraje para vacas lecheras por las razones antedichas (Muller et al., 2003). El 23% de los productores de leche en Wisconsin y entre el 10 al 15% de los productores de leche en el noreste de EEUU ha "re adoptado" los sistemas, pasando del confinamiento al pastoreo parcial. Por otro lado, estudios internacionales reportan que los consumidores de productos lácteos prefieren productos provenientes de vacas que se encuentran en sistemas pastoriles (Ellis et al., 2009; Schuppli et al., 2014). La leche producida por vacas alimentadas con pasturas presenta características nutricionales deseables para la salud humana, contienen niveles más altos de ácido linolénico conjugado (CLA) que produce beneficios para la salud (Avilez, 2012) con propiedades anti-cancerígenas (Kelley et al., 2007 y Elgersma et al., 2006). El alto contenido de estos ácidos grasos en la leche no afecta sus características organolépticas o reológicas, que incluso pueden verse mejoradas a medida que aumenta la proporción de pastura en la dieta (Croissant et al., 2007).

A pesar de ello, en la actualidad, la mayoría de la producción lechera estadounidense se desarrolla en la región oeste, cuya producción es mayoritariamente corporativa con rodeos de más de 1000 vacas promedio, y en la región norte, donde se destaca la producción familiar con establecimientos de menos de 100 vacas y una mayor cantidad de sistemas "pastoriles" o "mixtos" (USDA. ERS, 2012).

Por otra parte, en un país con una lechería contrastante a la de EEUU, Nueva Zelanda, la producción de leche se incrementó más de un 300% desde la década del 60 hasta 2018 (FAOSTAT, 2019). En el periodo 1980 - 2006 la principal vía de crecimiento de los sistemas neozelandeses fue el aumento sostenido de la carga animal por hectárea y el aumento en la producción de sólidos por vaca (Fairweather et al., 2008). En las últimas tres décadas, la lechería de Nueva Zelanda ha tenido una gran expansión, produciendo un 83% más de leche (DairyNZ 2015).

En la actualidad se observa una tendencia hacia la mayor utilización de insumos en Nueva Zelanda. En una clasificación de los sistemas lecheros de dicho país según la utilización de insumos, se caracteriza a los sistemas en una escala de 1 a 5, siendo sistemas tipo 1 aquellos que utilizan menos insumos, están basados en alimentación con pastoreo directo sin la importación de alimentos Y sistemas tipo 5, aquellos que utilizan alta cantidad de insumos, del 30-40% de alimentos son importados (pudiendo llegar al 55%) y se utilizan

durante todo el año (Hedley et al., 2011). Los resultados del análisis de los tipos de sistemas a través de los años, muestra que la proporción de sistemas de bajos insumos se redujo del 42% al 32%, se mantuvo en un 39% en los sistemas de insumos medios, y aumentó de 19% a 29% en sistemas de altos insumos durante el periodo 2010-2011 al 2014-2015. Por el contrario, muchos productores lecheros durante la temporada 2015-2016 y 2016-2017 revisaron sus sistemas de producción y se ajustaron a los bajos precios de la leche al reducir la carga animal, mantener más stock de vaquillonas y reducir el gasto en la cosecha y la importación de suplementos (Wales & Kolver, 2017).

La producción de leche en Australia ha sufrido variaciones significativas, a partir de 1980 ha crecido sostenidamente a una tasa anual del 4% (Dairy Australia, 2013), logrando un pico máximo de producción en 2002 superando los 11.000 millones de litros (FAOSTAT, 2019). Sin embargo, desde el cambio de siglo, la lechería australiana se ha contraído, con un 10% menos de producción de leche debido a un 20% menos de vacas que producen un 15% más por vaca (Dairy Australia 2015a) (Wales & Kolver, 2017). A pesar de ello, Australia se caracteriza por ser uno de los países más competitivos en producción de leche a escala mundial, debido principalmente a sus condiciones naturales que le permiten operar con costos de producción relativamente bajos. Entre las tecnologías aplicadas en Australia para incrementar la producción de leche se destacan la suplementación, el incremento de la carga animal, el mejoramiento en genética animal que eleva potenciales de producción de leche, incorporación de nuevos equipos de ordeño, mejoras en tecnologías asociadas a la conservación de forrajes, entre otras (Dairy Australia, 2013).

Sin embargo, investigadores australianos sostienen que Australia necesita, para sus sistemas lecheros, pasturas con mayor productividad y mayor proporción de pasturas en la dieta para reducir el costo de producción (García et al., 2008) y permanecer con sistemas lecheros competitivos.

La producción láctea en la Unión Europea (UE) se incrementó desde la década del 60 hasta el año 1984 un 36,3%. A partir de allí, la estructura del sector lácteo ha sido fuertemente influenciada por la Política Agrícola Común de la UE. Las cuotas lecheras se establecieron en 1984 para abordar el excedente de producción de leche y los bajos precios de la leche. Sobre la base de los volúmenes de referencia de 1983, se asignó una cuota a cada Estado miembro. El objetivo de esta política fue controlar la producción de leche, estabilizar los precios de la leche y los ingresos de los productores de leche, y reducir el presupuesto para el apoyo al mercado (Barthélemy y David, 1999; JRC e IPTS, 2009; Kroll et al., 2010). Desde la implementación de esta política hasta el año 2017 la UE ha sufrido una caída de su producción del 11,5%.

A pesar del sistema de cuotas en la UE, también la región sufrió un proceso de intensificación, en el que la producción promedio por vaca aumentó un 237%. en muchos países de la UE en los últimos 40 años, con un descenso en el número de vacas (FOESTAT, 2015).

El sector lácteo francés presentó cambios marcados en los últimos años. A medida que se incrementó la producción por vaca disminuyó el número de vacas lecheras (CNIEL, 2014), con tambos más grandes, aumento de la producción por vaca y por hectárea, más ensilado de maíz y alimento concentrado en la dieta.

Actualmente el desafío está planteado en detectar los sistemas que combinan adecuada productividad y bajo impacto ambiental (Salou, 2017).

Irlanda es un país en el que la lechería se encuentra en un claro crecimiento, en contraste a muchos países de Europa. Irlanda tiene sistemas de producción de leche con base pastoril, con suplementación, la producción de leche aumentó en un 18.5% después del primer año de la eliminación de cuotas en 2015 (Läpple & Thorne, 2018), alcanzando un máximo histórico del número total de vacas de 2.5 millones (McCormack et al., 2018).

Tabla 1. Variación de producción y estrategias de intensificación de diferentes países y/o regiones.

Table 1. Production variation and intensification strategies of different countries and /or regions.

Región/País	Variación de producción ¹	Estrategia de intensificación
E.E.U.U. (1998-2018)	38,4%	Confinamiento con TMR. Aumento de numero de vacas y producción por vaca.
Unión Europea (2015-2018)	0,5%	Aumento de producción por vaca y disminución en el número de vacas.
Irlanda (2015-2018)	18,6%	Aumento de producción por vaca y por hectárea. Incremento de la carga animal.
Francia (2015-2018)	1,9%	Aumento de producción por vaca y por hectárea. Disminución del número de vacas. Mayor suplementación con silo de maíz y concentrados en la dieta.
Australia (1998-2018)	-1,6%	Disminución en mayor porcentaje del número de vacas que el aumento de producción individual. Incremento en la suplementación.
Nueva Zelandia (1998-2018)	88%	Aumento de carga animal y de solidos por vaca. En los últimos 3 años disminuyó la importación de suplementos.

¹Variación de producción en el periodo considerado entre paréntesis en Región/País. Fuente: FAOSTAT 2019.

En general, el aumento de la producción mundial de leche fue debido al aumento de las producciones por vaca y, en aquellos sistemas lecheros con base pastoril, además al aumento de la carga animal. Sin embargo, en los últimos años, algunos de los principales productores han disminuido su producción, como en Australia, o apenas los han mantenido como es el caso de la Unión Europea. Irlanda es una excepción a este último manteniendo la tendencia de incremento de producción a base de aumentos en producciones individuales y cantidad de vacas (Tabla 1)

La medición del impacto ambiental del incremento productivo debido a la intensificación, son iniciativas de algunos países, donde son considerados los excesos de nitrógeno y fosforo en el balance de nutrientes, como así también la emisión de gases de efecto invernadero. El posible freno al incremento productivo actual que puede ocasionar dicho impacto ambiental, tanto por hectárea como por kg de leche, se revisa en otro apartado de este trabajo.

Intensificación de sistemas lecheros de base pastoril en el mundo

En los sistemas lecheros basados en pasturas, la alta productividad depende inicialmente de la productividad de los cultivos y pasturas, de la calidad de los alimentos, para lograr altos consumos de materia seca por vaca. Dentro de tales sistemas, el forraje pastoreado es la fuente de alimentación más barata, ya que proporciona un suministro de nutrientes comparativamente económico y de alta calidad (Shalloo et al., 2004; Finneran et al., 2010).

En los sistemas de pastoreo predominantemente intensivos, la producción y utilización de pasturas limitan la productividad de la leche. Estudios recientes han definido la eficiencia productiva a nivel de sistema de pastoreo en términos de producción de leche por unidad de pasto consumido y por unidad de pasto utilizada (Prendiville et al., 2009; Coleman et al., 2010; McCarthy et al., 2012).

Las pasturas han sido la base de la alimentación de las vacas lecheras en países como Nueva Zelandia, Australia, Irlanda, Argentina y otros, y su interés se ha renovado recientemente, principalmente como resultado de las reducciones de largo plazo en los precios de la leche en muchos países. Aunque también ha contribuido, a la mencionada revalorización de los sistemas pastoriles, i) la propuesta de eliminación de los subsidios (y por lo tanto una disminución aún mayor en el precio que recibe el productor por la leche en tranquera de tambo); ii) la remoción del sistema de cuotas de leche (Europa); iii) el aumento en los costos de mano de obra, maquinaria e instalaciones; iv) el costo de los alimentos alternativos en relación a la pastura pastoreada y la leche y v) las preocupaciones percibidas en cuanto a cuestiones ambientales y de bienestar animal asociadas con la producción de leche en confinamiento (Macdonald et al., 2008; Salado, 2015)

Si bien en los sistemas pastoriles las producciones de leche por vaca son relativamente bajas, cuando se combinan adecuadamente con suplementos se pueden lograr incrementos muy importantes de la producción individual. Hedley et al. (2011), en la clasificación de sistemas de Nueva Zelandia en cinco grupos de acuerdo con el nivel de intensificación, explicado anteriormente, encontraron una tendencia a aumentar la producción individual, en sistemas con alta suplementación, la producción de leche pasó de 4000 litros a 7000 litros por lactancia en 10 años. Por otra parte, en Nueva Zelandia, el precio de la tierra aumentó 176% en el periodo 1998-2009, por lo que consecuentemente, la suplementación se utiliza para aumentar el ingreso como factor relevante para competir por dicho recurso (LIC, 2012).

Australia, otro país de producción de leche en base a pasturas, no escapó a la intensificación en los últimos 30 años. Según Ashton, et al. (2014) la alimentación suplementaria se practica ampliamente en todas las regiones de Australia, siendo mayor en aquellas regiones donde existe una alta proporción de tambos con suministro de leche durante todo el año, en aquellas con precipitaciones menos confiables tienden a usar más cantidad de forrajes conservados o comprados para cubrir el déficit estacional de pasturas. En aquellas regiones con precipitación anual relativamente constante y una producción de leche más estacional tienden a tener una mayor proporción de pasturas en su mezcla de alimento que las otras regiones.

Una vía de intensificación en sistemas pastoriles es el incremento en el uso de fertilizantes, en particular los fertilizantes a base de nitrógeno han sido importantes para lograr mejoras en los rendimientos y la calidad

de los pastos, ya que el uso de fertilizantes por tambo aumentó en Australia aproximadamente un 5 por ciento al año en promedio entre 1988–89 y 2009–10 y resultando en una mayor producción de pasto por hectárea. En promedio, se estimó que los tambos con mejor rendimiento habían usado más del doble de la cantidad de fertilizante por hectárea tanto en pasturas como en los cultivos forrajeros que los tambos con menor rendimiento.

Otro país con sistema de producción de leche basada en pastoreo directo es la República de Irlanda, que ha incrementado la producción de leche en un 65% en las últimas 2 décadas (CSO, 2019). Según datos de FAOSTAT (2019), Irlanda está en franco crecimiento en la producción de leche y en la cantidad de vacas por tambo desde la finalización del sistema de cuotas. Actualmente el escenario en Irlanda cambió, ya no es la cuota lo que limita la producción, sino que la limitante más importante pasó a ser la cantidad de tierra para producir, por lo que la intensificación jugará un rol importante.

El efecto de la carga animal y la suplementación con concentrado sobre la producción de leche es altamente dependiente del tipo de animal y del crecimiento del forraje en el tambo (Dillon et al., 2003). El tipo de animal de los tambos en Irlanda ha sido seleccionado para un balance entre producción de leche y características de fertilidad, y están adaptados al sistema de pastoreo irlandés, es decir parición estacionada en primavera y con pastoreo extendido (Berry et al., 2014).

Brasil junto a Argentina son los países de mayor producción de leche en América del Sur. Brasil es uno de los países que ha tenido un gran incremento en la producción de leche, en los primeros 17 años de este siglo XXI aumentó un 64% y ha disminuido el número de vacas en un 4,6% (FAOSTAT, 2019). Tiene un gran número de productores de leche que cubren una amplia gama de prácticas de producción y estrategias de gestión (Costa et al, 2004). Todos los sistemas lecheros tienen cierta cantidad de alimentación de forrajes y concentrados, pero existe una alta diversidad de sistemas de producción que varían de pastoreo de bajos insumos (ordeño a mano con razas autóctonas) a sistemas muy intensificados (en confinamiento de altos insumos con vacas Holstein y principios de administración de tambos de América del Norte).

En el caso de Uruguay, su lechería incrementó su productividad (litros por hectárea) a una tasa anual del 5%, mientras que la superficie lechera se redujo en más de un 20 % en las últimas décadas (DIEA, 2014). Chilbroste (2015) afirmó que en la intensificación en Uruguay ha estado basada tanto en aumentos de carga animal como en aumentos de producción individual. El sistema de producción láctea en Uruguay también está definido como un sistema de pastoreo con suplementación (Chilbroste, 2011). Esta estrategia de intensificación se ha basado en un incremento significativo en el uso de concentrados y reservas de forraje (DIEA, 2009) mientras que la cosecha directa de forraje por parte de los animales ha permanecido sin cambios significativos (Chilbroste et al., 2012). Algunos autores han considerado las ventajas de incluir en los sistemas pastoriles de Uruguay dietas TMR en forma parcial, como una alternativa para intensificar la producción de leche. Sin embargo, en un país como Uruguay con claras ventajas (agroclimáticas) para la producción de pasturas de alta calidad, esta posibilidad estaría muy condicionada a las fluctuaciones en la disponibilidad y precios de granos de cereales y subproductos de la agro-industria y de los precios de la leche.

En los países desarrollados con sistemas lecheros de base pastoril se plantea el mayor desafío que es aumentar sus productividades a pesar de sus limitaciones. En este sentido la limitación en común más importante que tienen es el recurso tierra, tal es el caso, como ya se mencionó, de Australia con su disminución de área productiva y menor cantidad de tambos, en Nueva Zelanda el constante aumento de competitividad por el incremento en el valor de la tierra, e Irlanda que también ve limitada la cantidad de tierra para producir. Sin embargo, poseen herramientas para elevar su techo productivo y renovar la intensificación, adquiriendo preponderancia la constante innovación tecnológica, la mejora educativa y la capacitación de la gente.

En el caso de países no desarrollados con sistemas lecheros de base pastoril, a excepción de Argentina, han incrementado su producción en los últimos 20 años, Brasil y Uruguay, 69,6% y 38,5% respectivamente (FAOSTAT, 2019). A pesar de ello, la reducción de área destinada a la producción de leche y el número de vacas, el aumento de carga animal y de producción por vaca son factores que tienen en común en estos últimos años. A pesar de ello, estos países tienen un amplio potencial productivo, ya que, por ejemplo, sus producciones forrajeras aún tienen un elevado margen de crecimiento (tal es el caso de bajo consumo de fertilizantes, 53, 109 y 164kg/ha en Argentina, Uruguay y Brasil respectivamente; Lazzarini et al., 2019), con el consecuente incremento de la aún baja carga animal (1,4 vacas/ha, en Argentina, Baudracco et al., 2014). El bienestar animal se ha convertido en un elemento importante de la producción sostenible que ha evolucionado junto con la transformación de los sistemas de producción animal (Miranda-de la Lama et al. 2013). Se han realizado pocos estudios en América Latina, y es un tema emergente, especialmente en aquellos países que comercian con Europa o los Estados Unidos de América (Gallo, 2008). Existe una creciente consideración de los consumidores al bienestar animal al comprar los productos (Vargas-Bello-Pérez, 2017). Los procesos de intensificación que han ocurrido en estos países han incidido en las condiciones de bienestar animal. El caso de sistemas de producción de Argentina, son analizados más adelante en este trabajo.

Intensificación de sistemas lecheros de base pastoril en Argentina

En sintonía con lo que ha ocurrido en los principales países productores de leche del mundo, en Argentina ocurrió una reducción en la cantidad de tambos, pasando de 30.131 en 1988 a 11.273 tambos en 2018 (OCLA, 2019; SENASA, 2019). Sin embargo, el número de vacas se redujo a un ritmo menor que el número de tambos, lo que resultó en una menor cantidad que producen más litros por tambo, debido al mayor número de vacas por establecimiento (Lara et al., 2019). Con respecto a esta disminución del número de vacas en los últimos 20 años, habría dos factores que podrían ser las principales causas: la alta tasa de mortandad de terneros, cercana al 11.5% (sin incluir la mortalidad perinatal), y a ineficiencias reproductivas que derivan en un intervalo entre partos de 13 a 15 meses (Lazzarini et al., 2019).

El proceso de intensificación en los tambos de Argentina continua en la actualidad (FUNPEL, 2013) y existe una creciente incertidumbre entre los productores lecheros de Argentina, respecto a la definición del sistema productivo que les permita producir en el futuro, en forma rentable y sustentable. En Santa Fe, Argentina, una evaluación de distintos grados de intensificación en sistemas lecheros, concluyó que el efecto

de mercado (variación de precio de leche y concentrado) es mayor que el efecto del clima (en el rendimiento de los cultivos), sobre el resultado económico de todos los sistemas evaluados (Baudracco et al., 2017).

El costo más bajo de las pasturas respecto a los forrajes conservados y suplementos, y el precio relativamente bajo de la leche, determinan que la lechería en Argentina se base en pasturas para ser rentable. Pero esto no descarta a los suplementos, si son utilizados adecuadamente en función de la respuesta en leche por kilo de alimento ofrecido y de los precios relativos (Comerón et al., 2007). La base pastoril de producción fue cambiando, desde 2004 al 2011 se recabaron datos reales de establecimientos lecheros, reportando una disminución en la proporción de pasturas en el total de la dieta, pasando de 50% a 27%, mientras que los consumos de concentrados pasaron de 25% a 43% sobre el total de las dietas y las reservas de 25% a 30%. Con respecto a los datos de producción se destaca un aumento en la carga (23%), en la producción individual (35%) y en la producción por hectárea (72%). Los cambios en la producción de los sistemas se debieron principalmente a un cambio en los patrones de alimentación de los rodeos (Centeno, 2013). Por otro lado, reportes del programa de desarrollo tecnológico de la Cooperativa SanCor (120 tambos), muestran que los suplementos (alimentos concentrados y reservas forrajeras) constituyen, en promedio, un 64% de la dieta de las vacas en ordeño (Candiotti et al., 2013). Estos reportes determinaron que la inclusión de suplementos incrementó levemente la producción individual, permitió moderadamente incrementar la carga animal, pero redujo marcadamente el consumo de la pastura que es el alimento de menor costo (Lazzarini et al., 2014). En un sistema pastoril intensivo eficiente, el efecto de sustitución debería ser usado deliberadamente para disminuir el consumo de pasturas en periodos de déficit de éstas, suministrando suplementos para mantener el nivel de alimentación de las vacas. Si ese es el caso, la sustitución es manejada por el productor y no por la vaca (Comerón et al., 2007). En Argentina, el incremento en el nivel de suplementación ha tenido como objetivo principal aumentar la producción individual de leche (litros/vaca/día), a fin de mejorar la rentabilidad de los establecimientos. Sin embargo, el incremento de la rentabilidad a partir de la suplementación no siempre se logra, debido a que la respuesta a la suplementación puede ser muy variable, dependiendo de varios factores relacionados a las vacas, los alimentos y el manejo de ambos. Por lo tanto, cuando la inclusión de suplementos reduce marcadamente el consumo de la pastura, se reduce la rentabilidad potencial del sistema lechero (Lazzarini et al., 2014). Existen numerosos estudios que demuestran que los sistemas lecheros de base pastoril, con alta carga animal (lo cual genera alto déficit alimentario relativo) y con producciones moderadas por vaca muestran alta respuesta a la suplementación, permiten mantener una buena respuesta productiva y reproductiva, y alcanzan los mayores resultados económicos por hectárea (Comerón et al., 2007).

En un estudio se indicó que para los tambos argentinos definidos como “sistemas pastoriles con suplementación estratégica y diferencial” y para una relación de precios histórica determinada, la mayor eficiencia económica sustentable en el tiempo se lograría con productividades de alrededor de 12.000 litros de leche/ha vaca total/año que se obtienen con producciones entre 6.500 y 7.000 litros/lactancia de 300 días y una carga animal de alrededor 1,7 a 1,8 vacas totales/ha vaca total/año. En este sentido, resultados logrados

por diferentes unidades demostrativas lecheras del INTA Rafaela confirmarían la conclusión de este análisis más actualizado (Comerón et al., 2007).

Estrategias de intensificación en sistemas lecheros pastoriles

Carga animal

En los sistemas de producción basados en pasturas, la tierra es el recurso más limitante para la productividad y, por lo tanto, optimizar la producción por hectárea mediante el aumento de la acumulación y la utilización de los pastos es pertinente para la intensificación sostenible de los sistemas lecheros en pastoreo (Pretty, 1997; Coffey et al., 2018). La carga animal está definida como el número de vacas por unidad de área de tierra utilizada durante un periodo determinado. Varios autores subrayan su importancia, para Holmes y Roche (2007), la carga animal es la práctica de manejo con mayor influencia en la eficiencia de los sistemas de base pastoril. En estos sistemas, la carga es el principal factor que determina la eficiencia del sistema impactando directamente en la producción y utilización de forraje por parte de los animales (McMeekan y Walshe, 1963; y Baudracco et al., 2010). Asimismo, Hoden et al. (1991); Macdonald et al. (2008) McCarthy et al. (2016) la reconocen como la herramienta fundamental para mejorar sistemáticamente la utilización de pasturas, y la producción de leche por hectárea al mismo tiempo que reduce la necesidad de importaciones externas de alimentos suplementarios en sistemas de pastoreo. Holmes et al. (2002), consideró que la unidad de carga animal, vacas por hectárea, no tiene en cuenta la productividad variable de los pastizales, los niveles de suplementación sin pastos y los diversos requisitos de los diferentes tipos de vacas lecheras que se usan comúnmente dentro de tales sistemas. En tal caso, la carga comparativa (kg de peso vivo/t de materia seca total ofrecida por hectárea) proporciona una mejor medida por ser más útil, ya que considera la demanda de alimento, a través del peso vivo del rodeo y la cuantificación más precisa del suministro de alimento, a través de la cantidad total de alimento proporcionado en materia seca de los forrajes cultivados y los otros alimentos (Penno, 1999). Las variaciones tanto de la carga animal y la carga comparativa dependerán del potencial genético para la producción de leche de la vaca, no tenidos en cuenta en estos indicadores.

Producción de leche individual vs producción por ha.

Una relación de estas dos medidas de eficiencia es a través de la carga animal, en un sistema de producción sin suplementación, a medida que aumenta la carga animal, la producción de leche por hectárea aumenta linealmente, mientras que la producción de leche por vaca disminuye (McMeekan y Walshe, 1963; Macdonald et al., 2008; McCarthy et al., 2011), esto se debe a la mayor eficiencia en la utilización del pasto, que genera un mejor aprovechamiento del mismo (mayor eficiencia de cosecha), y mejor utilización de los recursos por parte del rodeo, aun cuando pueda existir una disminución de los recursos individuales disponibles. Sin embargo, al agregar cada vez más vacas manteniendo la cantidad de alimento fija (pastura) la producción por vaca disminuirá.

Este incremento de productividad continúa hasta un determinado punto, en el que la disminución de alimento disponible por vaca es tan elevada, que la producción individual comienza a caer abruptamente y genera también una caída de producción por hectárea (Mott, 1960). En estos sistemas pastoriles, el aumento de la carga animal aumenta la intensidad de utilización de las pasturas, lo que resulta en una mayor productividad y calidad de ellas (Macdonald et al., 2008a; Mc-Carthy et al., 2016).

La producción de sólidos por hectárea resulta de la cantidad de pasturas producida y utilizada por hectárea, de la cantidad de suplementos suministrados y utilizados por hectárea, y de la eficiencia de conversión de los alimentos (Holmes *et al.*, 2002).

Cuando la carga animal es baja, las vacas son alimentadas sin limitaciones y éstas pueden seleccionar la pastura y producir más sólidos por animal. Sin embargo, en estas circunstancias, una alta proporción de la pastura es desperdiciada y la producción de sólidos por hectárea resulta ser muy baja. En contraste, a alta carga animal el porcentaje de utilización de la pastura es más alto y consecuentemente, la producción de sólidos por hectárea es mayor. Sin embargo, la producción de sólidos por vaca es más baja, los animales estarán más predispuestos a perder peso y requerirán más alimento por hectárea para mantener el incremento de carga animal.

El uso de suplementos en combinación con una alta carga animal podría balancear el objetivo dual de un adecuado nivel de alimentación, para lograr alta eficiencia de conversión y altos niveles de utilización de pasturas, alcanzando el objetivo global de optimizar el resultado económico del sistema (Comerón et al., 2007).

Por lo tanto, el comportamiento productivo cambia cuando el incremento de carga es acompañado con la utilización de suplementación (silaje, heno, concentrado, etc.), como ocurre en los sistemas lecheros de Argentina, cuando se utiliza adecuadamente la suplementación, es decir otros alimentos además de pastura (reservas, concentrados, etc.), la producción individual prácticamente se mantiene o tiende a aumentar, aún con incremento de la carga animal.

Por otro lado, un estudio de Coffey et al. (2018) afirmó que a medida que se aumenta la carga animal, se observa una disminución lineal en la duración de la lactancia y la producción de leche por vaca (leche, sólidos corregidos de leche, grasa, proteína, lactosa y rendimiento de sólidos de la leche) y a medida que aumenta la carga animal, hubo un aumento lineal en el rendimiento de leche y sólidos de leche por hectárea.

Dentro de los sistemas de pastoreo intensivo, la productividad depende de lograr un equilibrio entre los objetivos competitivos de alta asignación y consumo de MS para maximizar la producción de leche por vaca, e incrementar la intensidad del pastoreo para maximizar la utilización de la pastura y la producción de leche por hectárea (Coffey et al., 2017). En tales contextos, la combinación de vacas con alta capacidad de consumo de pasturas y carga animal con capacidad de máxima eficiencia de utilización de las pasturas es fundamental para el rendimiento sistémico general.

Coffey et al., (2018) concluyeron que la mayor productividad por hectárea demostrada a mayor carga animal es una consecuencia del aumento de peso vivo por hectárea, mayor intensidad de pastoreo, días adicionales de pastoreo por hectárea y un mayor nivel de utilización de pasturas de pastoreo.

La carga animal determina el promedio anual de disponibilidad forrajera por vaca. Por lo tanto, tiene efectos importantes sobre el consumo forrajero, la utilización de pasturas, la producción de leche por vaca y por hectárea, y la rentabilidad de los sistemas lecheros pastoriles, (Baudracco et al., 2010). Trabajos posteriores de simulaciones confirmaron esto último, logrando los mayores resultados económicos en los modelos evaluados con carga animal más altas (Baudracco et al., 2017). Según Romera & Doole (2016), en general, la elección de la carga animal es relativamente mucho más importante que la relativa a la producción de leche por vaca. Sin embargo, son los vínculos inherentes entre la carga animal y los múltiples elementos presentes dentro de un sistema de pastoreo lo que infiere esta.

Producción individual y salud

Las producciones individuales resultantes de los diferentes sistemas lecheros se relacionan de diversas maneras con la salud de los animales. El sistema pastoril es reconocido como más favorable para la salud de las ubres y de las patas y pezuñas del rodeo. En la Universidad de North Carolina-EEUU (Washburn et al., 2002) se evaluaron dos sistemas de alimentación: confinado (free-stall) vs pastoreo. En dicho estudio se registraron 1,8 veces más casos de mastitis clínicas y 8 veces mayor tasa de descarte por mastitis en los sistemas confinados respecto a los pastoriles. Rodríguez-Lainz et al. (1999) demostraron mayor probabilidad de ocurrencia de dermatitis digital papilomatosa en vacas estabuladas que en pastoreo (Salado, 2015), y Somers et al. (2005) diagnosticaron el doble de veces erosión del talón y dermatitis interdigital en vacas estabuladas que en animales en pastoreo (Somers et al., 2005). También Charfeddine & Pérez-Cabal (2015) trabajaron con 108468 registros recopilados entre 2012 a 2014 en 807 rodeos de Holstein, y tal como esperaban, las vacas de alto rendimiento eran más propensas a problemas de patas, especialmente a laminitis crónica.

Sin embargo, en un estudio con datos de 456.574 lactancias de 3.904 rodeos en los Países Bajos, concluyó que la relación entre la producción de leche y los rasgos de salud y fertilidad no siempre es la misma. Un aumento en la producción no siempre causa más problemas de salud y fertilidad. Aumentar los niveles de producción de leche por vaca puede causar un mayor estrés fisiológico en las vacas. Para las vacas de mayor producción, este estrés puede ser tan alto que incluso el manejo mejorado no es capaz de reducir los niveles de mastitis y días al primer servicio (Windig, 2005). En consecuencia, las vacas de mayor producción en estos rodeos de mayor producción tienen el mayor riesgo de mastitis y número de días al primer servicio mayor, mientras que, en los rodeos con el estilo de manejo menos intensivo, los niveles de mastitis son más altos y los días al primer servicio menores para todas las vacas, independientemente de los niveles de producción. En este sentido, un trabajo donde se evaluaron datos de 657968 lactancias durante 12 años en

Argentina, concluyo que la magnitud de la relación entre la producción de leche y el rendimiento reproductivo es pequeña y que depende del nivel de producción del rodeo (Rearte et al., 2017)

La relación antagónica entre la producción de leche y la fertilidad (al menos en el ganado lechero), se ajusta a la hipótesis de la compensación de la biología evolutiva. Gran parte de esta asociación está determinada genéticamente, pero existe margen para la mejora genética simultánea en ambos rasgos (Berry et al., 2016). Las ineficiencias reproductivas a menudo se postulan como una consecuencia del mayor balance energético negativo. En concordancia a estos trabajos, desde principios de este siglo Harris & Winkelman (2000) y Verkerk et al. (2000) informaron que las correlaciones genéticas negativas entre producción, fertilidad y salud en las vacas lecheras modernas, que ya son grandes cuando se producen en un entorno de producción intensiva, son aún mayores cuando las vacas producen en un entorno de producción menos intensivo. El aumento en la correlación genética negativa entre la producción y los rasgos de aptitud en ambientes menos favorables es indicativo de una disminución en la adaptabilidad asociada con la selección para un mayor rendimiento en la vaca lechera moderna. Por lo tanto, en sistemas pastoriles menos intensivos, el uso de animales con alto potencial genético para producir leche incrementaría su correlación negativa con la fertilidad y salud.

Producción de forraje y fertilización

La utilización anual de fertilizantes en Argentina es baja (53 kg ha^{-1}) comparado con otros países productores de leche como Chile con 416 kg ha^{-1} ; Uruguay, 109 kg ha^{-1} ; Brasil, 164 kg ha^{-1} y Nueva Zelanda con 1717 kg/ha (Lazzarini et al., 2019). Según un estudio de Gastaldi et al. (2018), en 2017 la mitad de las pasturas fue fertilizada y raramente se hacen análisis de suelos previa a la implantación. Resultados similares fueron obtenidos en tambos relevados en la cuenca Abasto Buenos Aires, donde solo el 39% de tambos conoce los niveles de fertilidad de sus predios destinados a pasturas, a pesar de ello, todos fertilizan (Lara et al., 2019). Charlón et al. (2014) coinciden, afirmando que la tendencia a la intensificación de los sistemas lecheros en Argentina muchas veces no es acompañada de una adecuada fertilización de los forrajes, para mantener la cantidad de nutrientes en los suelos. Los fertilizantes fosforados se utilizan dependiendo de cuestiones económicas, basadas en su relación con el precio de la leche.

En el caso del balance de N, se observa un aumento a través de los ciclos productivos. Esto significaría una mayor existencia de excedentes de N en el sistema, debido a un mayor uso de insumos externos (concentrados y fertilizantes) además de un mayor ingreso de animales al sistema. Esto también afecta a la eficiencia en el uso del N, la cual evoluciona de forma negativa. En el caso del P se observó un proceso similar al del N, pero con valores de eficiencia menores (Tierl et al., 2014b). Similar es lo observado en la UE donde la ganadería lechera intensiva con rotaciones de cultivos, es desafiada por la baja eficiencia en el uso del N pudiendo tener consecuencias ambientales adversas (Davies, 2000; Jarvis & Aarts, 2000; Ledgard et al., 2009).

Producción de pasturas y cultivos

Desde la década de 1970, en Argentina, además de comenzar a implementarse tecnologías en aplicación de fertilizantes N y P, se implementaron algunas prácticas de conservación del suelo y lentamente se adoptaron rotaciones de cultivos y pastos, lo que resultó en una mejor calidad del suelo, biodiversidad enriquecida, costos de combustible reducidos y otros beneficios (Díaz-Rosselló, 1980; García-Prehac et al., 2004). También hubo un aumento en la productividad gracias a la adopción de semillas mejoradas genéticamente.

La adopción de sistemas de labranza cero en toda la región en la década de 1990 cambió los sistemas de producción agrícola de rotaciones de cultivos y pastos, a cultivos continuos sin labranza. La mayoría de la producción ganadera se relegó a suelos marginales, mientras que los cultivos se intensificaron (es decir, aumentaron el número de cultivos por año en una parcela de tierra).

En la Pampa templada de Argentina, el área cubierta de pastizales disminuyó de 65% a 55% en la primera década del siglo XXI (Viglizzo et al., 2010; Franzluebbbers et al., 2013). Sumado a ello, en un análisis de la evolución histórica de la rentabilidad de los sistemas agropecuarios en el sur de Santa Fe, Ramirez et al. (2007), concluyeron que el sostenimiento de los sistemas agropecuarios depende de la diversificación productiva, la cual mediante sistemas mixtos de alta productividad permite aprovechar las oportunidades futuras que presenten los mercados. Por lo tanto, la necesidad de liberar la superficie de pastoreo para la agricultura y así lograr sistemas mixtos sustentables, requerirá un cierto grado de intensificación de la actividad lechera (Salado, 2015).

La rotación de cultivos comúnmente es de 4 años, y consiste en 3 años de pasturas (base alfalfa o alfalfa pura), seguidas de maíz para silo y un cultivo de invierno. La producción de las pasturas se encuentra entre 7 a 10 t de materia seca/ha, lejos de datos obtenidos experimentalmente (10 a 18 t de materia seca/ha), estos valores bajos en producción se deben posiblemente a bajos niveles de fertilización y manejo ineficiente de los cultivos (Lazzarini et al., 2019). Una encuesta realizada en la región Pampeana sostiene esta afirmación, sobre 190 tambos, solo el 47% de los tambos que implantaron praderas base alfalfa (44%), las fertilizaron (Gastaldi et al., 2018). El Banco Mundial en 2015 reportó que Argentina utiliza menos de 53 kg/ha de fertilizantes (Lazzarini et al., 2019).

Potencial de producción de las vacas

La lechería argentina fue iniciada por los europeos en el siglo XV. Naturalmente, los inmigrantes se mudaron a las regiones templadas de Argentina para establecer los tambos. En aquellos años las vacas pastaban pastos naturales. Desde la década de 1960, los sistemas lecheros han incorporado gradualmente tecnología, el ordeño manual fue seguido por el ordeño mecánico, al igual que ocurrió en el resto del mundo. Tradicionalmente, los sistemas lecheros dependían en gran medida del pasto para la producción de leche, pero en la década de 1990 se produjo un incremento vertiginoso en producción de leche debido a las nuevas

tecnologías aplicadas, entre ellas la inseminación artificial y la alimentación con suplementos (silajes, heno y concentrados) fueron factores clave (Lazzarini et al., 2019 y Rearte et al., 2017). El aumento de la producción por tambo en los últimos 30 años estaría explicado en un 55-60% por una mayor cantidad de vacas por tambo y en un 40-45% por un incremento de las producciones individuales (FunPel, 2013 y OCLA, 2018).

Actualmente, el uso de la inseminación artificial es generalizado, con semen de EEUU y Canadá principalmente, lo que desencadenó que el 95% de las vacas tengan origen Holstein (estadounidense principalmente) (Greig, 2006). Desde sus orígenes, la genética del ganado Holstein en EEUU, experimentó un proceso de selección en la cual las principales características en los programas de mejora genética fueron el aumento de la producción de leche, sólidos y la conformación del animal. Se buscaba un animal que tuviera una gran capacidad corporal para lograr altos consumos y de esta manera producir muchos kilogramos de leche. Esto provocó un deterioro progresivo en los caracteres reproductivos y de salud, aumentando por ejemplo los días del intervalo parto concepción (Shook, 2006). En lo referido a salud, estudios demostraron que la selección por producción causó también efectos negativos en la salud de la ubre (Heringstad y col., 2003). En los últimos años, la visión de los productores de EEUU ha cambiado, dándole una mayor importancia a características que antes eran poco relevantes para ellos. Buscan hoy una vaca de menor tamaño, con una buena condición corporal durante toda la lactancia, altos desempeños reproductivos y una buena producción de leche. Es así que se comenzó la selección mediante índices de selección que permiten mejorar varias características del rodeo en un mismo momento, dándole además un valor económico que permite realizar comparaciones entre las diferentes ofertas de reproductores (Miglior et al., 2005). Argentina, desde sus comienzos importó semen de EEUU. En la actualidad aproximadamente el 64% de los tambos argentinos utilizan inseminación artificial (INTA 2018). El semen sexado es una tecnología cada vez más utilizada, adoptada por el 29% de los tambos en 2017 (INTA 2018). Otro reporte de un trabajo con una base de datos de 127 tambos en la región centro-oeste de Santa Fe, Argentina, indicó que las vacas de los sistemas lecheros evaluados tienen alto potencial de producción de leche como consecuencia de la inseminación artificial con semen proveniente de toros de alto potencial genético durante más de 20 años, lo que sugiere que la genética no sería una limitante para lograr un incremento en la producción de leche (Lazzarini et al., 2014).

En los sistemas pastoriles, la pastura como único alimento resulta insuficiente para que las vacas de alto mérito genético expresen su máximo potencial de producción (Kolver, 2003). Por lo tanto, las mismas requieren del suministro diario de concentrado energético para cubrir la demanda nutricional debida a la producción de leche (Salado, 2015). Con el objetivo de aumentar la producción individual, en Argentina se han incrementado notablemente la cantidad de gastos e inversión relacionada a la alimentación y a los animales, en rubros tales como maquinarias, concentrados, reservas, medicamentos y semen importado.

Sin embargo, los niveles de producción alcanzados por el tambo promedio nacional son bajos en relación con el potencial genético de los animales y a los alimentos utilizados, con una producción aproximada de 18 litros/vaca/día y 7000 litros/ha/año (Baudracco et al., 2014). Un trabajo de relevamiento de 162 tambos

en las principales provincias productoras de leche evidenció aspectos de infraestructura, manejo y recursos naturales que se encuentran muy lejos del óptimo recomendado, y por lo tanto representan limitantes al crecimiento de la producción de leche, principalmente las instalaciones de ordeño, reproducción, sombra, callejones, y aguadas (Baudracco et al., 2014).

Suplementación

La suplementación en los planteos pastoriles es una de las formas de intensificación para lograr aumentos productivos, aunque la respuesta a la suplementación es variable y no es lineal. Así, niveles muy altos de suplementación podrían no resultar en una mayor rentabilidad. La partición de la energía dentro de la vaca y la tasa de sustitución parecen ser los principales mecanismos subyacentes que explican las diferencias en las respuestas en leche a los alimentos complementarios, el déficit energético de las vacas, i.e. diferencia entre demanda y consumo de energía de la vaca, es un impulsor clave de la respuesta a los suplementos, ya que afecta tanto a la partición de la energía como a la tasa de sustitución (Baudracco et al., 2010).

A medida que aumenta el déficit energético aumenta la respuesta a los suplementos. El déficit energético se incrementa debido a un aumento de la demanda de energía dentro de la vaca o a un déficit de energía disponible para satisfacer la demanda. Por lo tanto, el déficit energético se modifica por el potencial genético y fisiológico para la producción de leche, la cantidad y calidad de pastos y suplementos, entre otros factores (Baudracco et al., 2010). El potencial de producción de leche de las vacas (merito genético para producir leche), se relaciona a la capacidad de derivar los nutrientes consumidos principalmente a la producción de leche en lugar de destinarlos a reservas corporales, y/o a la diferente respuesta del animal a una dieta determinada (interacción genotipo-ambiente). Otro efecto interesante en los sistemas pastoriles con suplementación es lo que ocurre al incrementar la carga animal, en esos casos se pueden lograr altos niveles de producción por hectárea y aumentos de rentabilidad por un efecto sinérgico, donde el nivel óptimo de suplementación e incremento de carga estará determinado por el potencial genético de la vaca, el precio de la leche y el costo de la alimentación de suplementos y el manejo de las vacas adicionales. (Baudracco et al., 2010). Cuando existe la posibilidad de suplementar, se puede lograr el objetivo dual de incrementar la carga animal, sin reducir la producción individual.

Impacto de la intensificación en los sistemas lecheros

La intensificación de los sistemas lecheros impacta de distinta forma en la eficiencia de los sistemas. En algunos aspectos puede impactar positivamente, mientras que en otro puede impactar negativamente o incrementar riesgos. A continuación, se analizan distintos aspectos en los que impacta el proceso de intensificación en los sistemas lecheros.

Impacto social

Como ya se mencionó, el sistema pastoril lechero se utiliza principalmente en Nueva Zelanda, Australia, algunos países de Europa y América del Sur (Brasil, Uruguay y Argentina). La intensificación a

partir de incrementar la cantidad de vacas en un mismo sistema, para ser exitosa, debe ser acompañada por transformaciones en las condiciones laborales que motiven al personal, con infraestructura adecuada, armonía entre potencial genético, alimentación e instalaciones. El trabajo de ordeño es considerado poco atractivo, principalmente por las condiciones de trabajo (Pulter & Sayers, 2015). El sub dimensionamiento de la infraestructura puede afectar negativamente la producción de leche por vaca, y también impacta en el bienestar de los operarios, ya que genera jornadas laborales más extensas y mayor esfuerzo por persona, lo que predispone a una frecuente rotación de mano de obra en los tambos (Baudracco, et al., 2014a). Los ordeños largos producen jornadas laborales extensas, y esto genera trabajos poco atractivos, mayor rotación de empleados y mayor tasa de accidentes laborales (Tipples et al., 2012). McMeekan en 1960 afirmaba que debe existir una armonía entre el esfuerzo combinado de las vacas, la ordeñadora y las personas. Según Baudracco et al., (2014a), en los tambos de Argentina hay muchas personas involucradas en el ordeño, en relación a la cantidad de vacas, posiblemente por cuestiones culturales por un lado, y por sub dimensionamiento de infraestructura por otro; un ejemplo de ello es que al relevar 162 tambos en las cuatro provincias lecheras más importante de Argentina, el 65% de los tambos ofrecía suplemento dentro de la sala de ordeño y solo el 15% del total de tambos relevados tiene racionadores automáticos para ofrecer alimento en la sala de ordeño, el resto lo suministra en forma manual, generando una alta demanda laboral en la sala de ordeño, lo que agrega complejidad al momento de ordeño por falta de automatización. A su vez, comentan, hay pocos descansos, lo cual hace del tambo un lugar poco atractivo para trabajar.

Impacto ambiental

Varios autores concuerdan que la mayoría de las actividades económicas tienen un impacto en el medio ambiente, ya sea mediante la extracción de recursos del medio ambiente o la eliminación de desechos en el medio ambiente, o ambos (Pretty et al., 2000; Prugh et al., 1999). Aunque también se reconoce que existe una mayor conciencia de los problemas ambientales y la necesidad de tenerlos en cuenta en las decisiones políticas, sin embargo la degradación ambiental continúa acelerándose (Ekins et al., 2003; Foote et al., 2015). Las iniciativas para cuidar el ambiente en los sistemas lecheros se relacionan a una reducción de los excesos de nitrógeno y fosforo en los balances de nutrientes y a una reducción de la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero

El sector lácteo tiene una presión creciente por parte de las comunidades (PCE, 2004) y de las regulaciones nacionales o internacionales sobre sus impactos en el medio ambiente. Los efectos ambientales externos al tambo generalmente afectan la utilidad o el bienestar de un tercero (el público) que no está compensado por el productor del efecto (Perman et al. 1996 ; Pretty et al. 2000 ; Turner et al. 1994). Por lo tanto, se deja al público que se ocupe de los costos de los efectos, ya sea que estos impliquen, por ejemplo, el costo de limpiar la contaminación o el costo de tener un ambiente degradado. Los costos son en forma de remediación gubernamental financiada por impuestos públicos (Abell et al., 2011, Foote et al., 2015).

La evaluación de la eco eficiencia (capacidad de un sistema para cumplir una función y minimizar sus impactos totales en el medio ambiente) de los tambos requiere una perspectiva integral del sistema y no solo un enfoque en la unidad lechera. La evaluación del ciclo de vida (LCA) ha demostrado ser una herramienta valiosa para evaluar la eco eficiencia de los sistemas agrícolas (Van der Werf & Petit, 2002). En este enfoque, los impactos ambientales potenciales de un producto se evalúan mediante la cuantificación y evaluación de los recursos consumidos y las emisiones al medio ambiente en todas las etapas de su ciclo de vida, desde la extracción de recursos hasta la producción y el uso de materias primas.

La intensificación de la producción de leche, que definimos como aumento de la producción por hectárea, conduce invariablemente a un mayor impacto por hectárea, pero sus impactos por kg de leche son menos claros (Crosson et al., 2011; Bell et al., 2011; Casey y Holden, 2005). Las mejoras en la eficiencia de la alimentación, la fertilidad y la longevidad de las vacas se identificaron como parámetros importantes para alcanzar un mayor rendimiento por vaca lechera y un GWP más bajo por kg de leche producido (Audsley & Wilkinson, 2014; Yan et al., 2013). Salou (2017), concluyó que la conciliación de los impactos ambientales y la productividad es difícil, y sus resultados revelaron que la intensificación del sistema lechero conduce invariablemente a mayores impactos por hectárea de tierra ocupada, debido a la mayor proporción de ensilado de maíz y concentrado en la dieta, lo que implica un mayor uso de insumos.

El hallazgo de un efecto positivo de la intensificación del uso de alimento por vaca destaca que el conocimiento más preciso y detallado de la concentración de nutrientes de los alimentos y los requerimientos de nutrientes de los animales puede proporcionar la base para métodos de alimentación más eficientes para prevenir excreción de nutrientes al estiércol (Skevas et al., 2018). En este sentido, las nuevas tecnologías de precisión pueden realizar un gran aporte para mitigar el impacto ambiental.

Impacto productivo

En el mundo, como se describió en apartados anteriores, la intensificación fue producto, entre otras cosas, de la disminución de superficie destinada a la producción y aumento de producción de leche (del 115,4% según datos de FAOSTAT (2019), en el período 1961-2017).

Los tambos en Argentina también se enfrentaron a un proceso de concentración e intensificación (OCLA, 2018). Ha disminuido el número de tambos, siendo las razones principales la baja rentabilidad, la edad del propietario y la falta de miembros de la familia que quieran continuar con la actividad (Gastaldi et al., 2018). A pesar de la disminución en el número de tambos, el tambo promedio aumentó su productividad y el tamaño del rodeo (OCLA, 2018; SENASA, 2018 y Secretaría de Agroindustria, 2018). El tamaño del rodeo nacional ha disminuido (SENASA, 2018) y la producción de leche se ha mantenido estable en las últimas 2 décadas (Secretaría de Agroindustria, 2018), ya que la producción de leche fue de 10.3 mil millones de litros por año en 1999 y similar en el año 2018 (Tabla 2).

Tabla 2. Número de tambos y vacas, producción de leche por vaca, y tamaño de rodeo entre 1998 y 2018 en Argentina¹ (Lazzarini et al., 2019).

Table 2. Number of dairy farms and dairy cows, milk production per cow, and herd size between 1998 and 2018 in Argentina (Lazzarini et al., 2019).

Item	1998	2018	Variación 1998-2018, %
Número de tambos	18.096	10.722	-41
Número de vacas x 10 ³	1.946	1.720 ²	-12
Producción por vaca, litros/vaca por día	16,0	19,2	+20
Producción de leche, mil millones de litros año ⁻¹	10,3 ³	10,5	+2
Tamaño de rodeo, vacas/tambo	107	160	+49

¹ OCLA (2018); Secretaría de Agroindustria (2018); SENASA (2018).

² Número de vacas en 2017 (SENASA, 2018).

³ Producción de leche en 1999 (OCLA, 2018).

Como ya se mencionó el principal factor que impacta directamente en la producción y en la utilización de forrajes por parte de los animales es la carga animal. Cuando la eficiencia de utilización de forraje es baja, el incremento en la carga generalmente determina mejoras en la eficiencia de cosecha, en la productividad del sistema, en la producción de leche por hectárea y en el resultado económico (Baudracco et al., 2010; Hoden et al., 1991; Macdonald et al., 2008b; McCarthy et al., 2016) y al mismo tiempo se reduce la necesidad de importar alimentos suplementarios, aunque en los sistemas con baja o nula suplementación, la producción de leche por vaca y el peso corporal disminuyen debido a la disminución en la disponibilidad de forraje y el consumo de materia seca (Coffey et al., 2018).

La inclusión de suplementos suministrados en TMR combinados con pastoreo directo incrementarían la producción debido a un aumento de consumo de materia seca (Salado, 2015). Vibart en 2008, reportó dietas de TMR combinadas con 41% de pastura de raigrás anual en estado vegetativo que lograban producciones similares a las que se obtenían con dietas 100% TMR, siempre que no bajara la calidad de la pastura. En cuanto a la calidad de la leche, el mismo autor observó que la concentración de ácidos grasos beneficiosos para la salud humana se incrementó a medida que aumentó el nivel de inclusión de pastura.

Impacto económico

Varios estudios concuerdan en que existen diferencias en términos económicos de los sistemas más intensivos (altos insumos) con los menos intensivos (bajos insumos). Alvarez (2008) demostró que los tambos intensivos producían a un costo total promedio más bajo, y parecían administrarse de manera más eficiente que los menos intensivos. Los sistemas más intensivos tienden a tener mejor resultado económico que los menos intensivos en condiciones de precios más altos de la leche, y lo contrario ocurre cuando el precio de la leche es bajo.

Baudracco et al., (2017) concluyeron que incrementando la carga animal y manteniendo la producción de leche por vaca con más alimento concentrado por vaca, permitiría mejorar el resultado económico de los sistemas lecheros en la Argentina.

A pesar de ello, en Argentina los vaivenes económicos crean incertidumbre y como menciona Centeno (2013), la lechería cae en la disyuntiva a través de los años si el óptimo económico se alcanza con la continuación del proceso de intensificación, o a partir de sistemas productivos con menores producciones y menores costos. Sin embargo, ambas opciones no son intercambiables en el corto plazo, debiendo primar el riesgo integral interanual del diseño de los sistemas.

Impacto sobre el bienestar animal

A pesar de las evidencias de intensificación (incorporación de tecnología de insumos relacionada a animales y alimentación) en los tambos en Argentina, no se han logrado respuestas esperadas de producción por vaca (Lazzarini et al., 2013). La presencia de limitaciones productivas pueden ser la causa de ello (Baudracco et al., 2014) y algunas se pueden relacionar directamente con el bienestar animal. En Argentina, la concientización respecto al bienestar animal es incipiente, los interesados actualmente son productores que perciben la falta de bienestar ya sea como una reducción en los ingresos por pérdidas en la producción, o bien como una futura exigencia de los mercados internacionales a la que deben dar cumplimiento con el fin de agregar valor a sus productos (Martinez et al., 2016).

Trabajos de Baudracco et al. (2014), dan un detalle pormenorizado de las limitaciones en infraestructura básica, en el manejo y nivel tecnológico y en recursos naturales; muchas de ellas inciden en el bienestar animal y afecta el nivel productivo de 162 sistemas lecheros en las provincias de mayor producción lechera de Argentina. Allí se destacan condiciones de instalaciones de ordeño, sombras para los animales, agua de bebida para las vacas, callejones, infraestructura de parto, crianza de terneros, rutina de ordeño, reproducción, manejo de parto, instalaciones de alimentación de animales, recursos naturales básicos (agua y suelo).

Fisher y Mellor (2008) menciona acerca de la influencia del mérito genético, la alimentación y el sistema de producción con el bienestar animal y la condición corporal. Las enfermedades podales, por ejemplo, son consecuencia tanto de trastornos propios de los animales, trastornos nutricionales u ocasionados por una infraestructura deficiente de los establecimientos; ya sea relativo a caminos, corrales o sala de ordeño (Olechnowicz y Jaskowski, 2011). Similar es el caso de la mastitis, ya que puede ser ocasionada cuando los caminos que transitan las vacas no poseen un diseño adecuado, luego de la época de lluvias prolongadas, se forma barro abundante, lo cual las predispone a patologías podales y mastitis (Lagger, 2006). La selección genética del ganado lechero fue realizada históricamente en función de la producción individual de leche, y ha resultado en un importante aumento de esta. En relación a ello, es importante subrayar que el mejoramiento genético para la producción de leche va acompañado con el desmedro genético de los principales indicadores de bienestar. Oltenacu y Algers, (2018) sintetizan las razones del preocupante mejoramiento para una alta

producción individual: a) el aumento en el rendimiento de la leche ha estado acompañado por una disminución de la capacidad de reproducción, un aumento de la incidencia de problemas de salud y una disminución de la longevidad en las vacas lecheras modernas; b) existe una correlación genética antagónica sustancial entre el rendimiento y la fertilidad; y entre el rendimiento de la leche y varias enfermedades de la producción, lo que indica que, si la selección para la producción continúa sin cambios, se espera un mayor deterioro genético en la fertilidad y la salud; c) la alta incidencia de enfermedades, la reducción de la capacidad de reproducción, la disminución de la longevidad y la modificación del comportamiento normal son indicativos de una disminución sustancial en el bienestar de las vacas lecheras; y d) el éxito de la industria láctea depende de la percepción pública de sus productos y métodos de producción y del aumento de la preocupación pública en relación con la agricultura animal moderna, en particular el bienestar animal, que pone en riesgo el futuro de la industria láctea.

En revisiones recientes, Martínez et al. (2016) afirmaron que existe un gran consenso en la fiabilidad del uso de medidas basadas directamente en el animal, como por ejemplo la condición corporal, las enfermedades podales, las mastitis y otras más generales como las tasas de infertilidad y de mortalidad presentes en los registros de los tambos que ameritan ser estudiadas bajo nuestras condiciones de producción. Arnott et al. (2017), en otra revisión bibliográfica sobre el bienestar de vacas lecheras en sistemas pastoriles y sistemas confinados, concluyeron que existen beneficios para el bienestar animal cuando se incorpora el acceso a las pasturas a los sistemas productivos, sugiriendo que los sistemas pastoriles proporcionan mayor bienestar animal que los sistemas confinados. Esta revisión reportó que las vacas lecheras en los sistemas pastoriles tuvieron menores problemas de renguera, patología de pezuñas, enfermedades uterinas y mortalidad en comparación con las vacas en sistemas confinados.

Riesgos de la intensificación en sistemas lecheros

Los costos de la intensificación, desde principios de este siglo, son elevados, en cuanto a la degradación de los recursos y servicios ambientales requeridos (agua subterránea, insectos beneficiosos, etc.). Esto ha hecho que los sistemas productivos sean menos eficientes (Pretty & Bharucha, 2014) desde el punto de vista ecológico. Cabe el ejemplo de la disminución en la recuperación de nitrógeno y el aumento de pérdidas de este al medio ambiente en Australia, que acompañaron el aumento en la producción de leche por hectárea. Se perciben menores impactos y regulaciones ambientales en sistemas basados en pastoreo que en los confinados (Gourley & Weaver, 2012; Oenema et al., 2014), aunque la producción actual de leche es generalmente menor por animal y por hectárea que los sistemas de confinamiento (Jacobs, 2014; Dharma et al., 2012; Powell et al., 2013).

Se ha desarrollado la expresión "intensificación sostenible" (Pretty & Bharucha, 2014) o "intensificación ecológica" (Bommarco et al., 2013; Hochman et al., 2013; Tittonell, 2014) de producción agrícola, en la que se considera la capacidad del sistema para absorber y resistir el cambio, y recuperarse de los desafíos para lograr el mismo o mayor rendimiento (Roche & Horan, 2013). El desafío, según Roche et al.

(2018), es mejorar la eficiencia con la que se utilizan los recursos naturales, de modo que la cantidad de alimentos producidos a partir de tierras de cultivo existentes se pueda aumentar al tiempo que se reduce la degradación ambiental, se mantiene o se mejora la calidad de vida del animal, proporcionando un retorno económico sostenible al productor.

En Argentina, Tieri et al. (2014a), aseveraron que el importante crecimiento de la producción lechera como consecuencia de una intensificación de la actividad generó y continuará generando una creciente e inédita presión sobre los recursos naturales que la sustentan, lo cual puede poner en riesgo al ambiente y a su integridad. Por su parte, existe una creciente incertidumbre entre los productores lecheros, respecto a la definición del sistema productivo que les permita producir en el futuro, en forma rentable y sustentable (Baudracco et al., 2017). Estos autores evaluaron una serie de sistemas productivos basados en un sistema representativo de la región explorando (por medio de simulaciones) el efecto de incrementos en carga animal, incrementos en suplementación con alimentos concentrados y el efecto de utilizar diferentes sistemas de alimentación sobre la productividad y la rentabilidad. Finalmente concluyeron que la intensificación a partir del aumento de carga y de la suplementación aumentó la exposición al riesgo, aunque resultaron en mayor producción por hectárea y mayor resultado económico que el sistema de referencia (SR). Además, los mismos autores observaron que el efecto de la variación de precio de leche y concentrado fue mayor que el efecto del clima sobre el resultado económico.

CONCLUSIONES

Intensificación del sector agropecuario y en los sistemas lecheros del mundo

Del mismo modo que en el sector agropecuario, los sistemas lecheros en el mundo se han intensificado implicando la extracción de recursos naturales e incorporando insumos, incrementando la productividad de la tierra, aumentando la producción por vaca, la carga animal e incidiendo en el costo ambiental.

Intensificación de sistemas lecheros de base pastoril en el mundo

El aumento de la productividad con el incremento del valor de la tierra es el mayor desafío de los países desarrollados. La aplicación de tecnología para la intensificación, con el adecuado dimensionamiento de infraestructura para cubrir un elevado margen de crecimiento, es el desafío de los países no desarrollados.

Intensificación de sistemas lecheros de base pastoril en Argentina

En Argentina, el nivel de suplementación ha aumentado la productividad, pero no siempre se ha logrado el aumento de la rentabilidad, debido a que la respuesta a la suplementación puede ser muy variable, dependiendo de varios factores.

Estrategias de intensificación en sistemas lecheros pastoriles

En Argentina, cuando la suplementación es acompañada de aumento de carga animal, la producción individual prácticamente se mantiene o tiende a aumentar.

Niveles de fertilización y eficiencia en el manejo de pasturas y cultivos son tecnologías que permitirían aumentos de carga animal. Estos sistemas intensivos, no incrementarían la correlación negativa entre el alto potencial genético (presente en los rodeos en Argentina) con la fertilidad y salud.

Impacto de la intensificación en los sistemas lecheros

El desafío que el sistema produzca mayor rendimiento o mejor resultado económico, producto de la intensificación, debe considerar que pueda ser capaz de absorber y resistir los cambios que ello implica. Tal es el caso de la consideración del bienestar humano y bienestar animal, dimensionamiento adecuado de la infraestructura y el empleo de nuevas tecnologías de precisión que puedan aportar a mitigar el impacto ambiental.

Riesgos de la intensificación en sistemas lecheros

La creciente incertidumbre entre los productores, respecto a definir el sistema productivo que les permita producir en el futuro en forma rentable y sustentable (Baudracco et al., 2017) hace imprescindible continuar con evaluaciones de riesgo que implican variaciones climáticas y de valores de mercado referido a precios de insumos y productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abell J.; D. Hamilton; J. Paterson (2011). Reducing the external environmental costs of pastoral farming in New Zealand: experience from the Te Arawa lakes, Rotorua. *Australas J Environ Manag* 18:139–154. doi: 10.1080/14486563.2011.591520
- Alvarez A.; J. Del Corral; D. Solís & J. Pérez (2008). Does intensification improve the economic efficiency of dairy farms? *J Dairy Sci* 91:3699–3709
- Arnott G.; C. Ferris & N. O'Connell (2017). Review: Welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems *Animal*, 11 (2017), pp. 261-273 10.1017/S1751731116001336
- Ashton, D.; C. Cuevas-Cubria; R. Leith & T. Jackson (2014). Productivity in the Australian dairy industry. Research by the Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences ABARES. Research Report 14.11.
- Audsley, E.; M. Wilkinson (2014). What is the potential for reducing national greenhouse gas emissions from crop and livestock production systems? *J. Clean. Prod.* 73, 263e268.
- Avilez, J. (2012). Caracterización de la producción bovina lechera en la IX y X Región (Chile). Desarrollo estratégico de la producción láctea con alto contenido en ácido linoleico conjugado (CLA). University of Cordoba, Cordoba, Spain. 120p
- Banco Mundial (2015). Fertilizer consumption. Available at <https://data.worldbank.org> (Accessed 2 Nov. 2018).
- Barthélemy, D.; J. David (1999). L'agriculture européenne et les droits à produire (European Agriculture and Production Rights). INRA, Paris, France. 434p
- Baudracco J.; N. Lopez-Villalobos; C. Holmes & K. Macdonald (2010). Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: a review. Institute of Veterinary, Animal and Biomedical Sciences, Massey University, Palmerston North, New Zealand b DairyNZ, Hamilton, New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*: 1-25.
- Baudracco, J.; B. Lazzarini; N. Lyons; D. Braida; A. Rosset; J. Jauregui y J. Maiztegui (2014a). Cuantificación de limitantes productivas en sistemas lecheros de Argentina. Proyecto INDICES. Parte 1. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 34 Supl. 1*: 213-290.
- Baudracco, J.; B. Lazzarini; M. Delbino; N. Lyons; A. Rosset; J. Jauregui y J. Maiztegui (2014b). Relevamiento de instalaciones de ordeño en tambos de Argentina. Proyecto INDICES: Parte 2. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 34 Supl. 1*: 213-290
- Baudracco, J.; J. Maiztegui; J. Jáuregui; B. Lazzarini; A. Rosset y R. Gagliardi (2017). Productividad, resultado económico y riesgo de sistemas lecheros en el centro-norte de Argentina. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 33, 152-162. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902017005000501>
- Bell, M.; E. Wall; G. Russell; G. Simm; A. Stott (2011). The effect of improving cow productivity, fertility, and longevity on the global warming potential of dairy systems. *J. Dairy Sci.* 94, 3662e3678.

- Berry, D.; E. Wall; J. Pryce (2014). Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle. *Animal*. (2014), pp. 105-121
- Berry, D.; N. Friggens; M. Lucy & J. Roche (2016). Milk Production and Fertility in Cattle. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 2016. 4:6.1–6.22 doi: 10.1146/annurev-animal-021815-111406
- Beukes, P.; M. Scarsbrook; P. Gregorini; A. Romera; D. Clark; W. Catto (2012) La relación entre la producción de leche y el excedente de nitrógeno de la región de Waikato, Nueva Zelanda. *J Environ Manag* 93: 44–51. doi: [10.1016/j.jenvman.2011.03.013](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.03.013)
- Bommarco R.; D. Kleijn & S. Potts (2013). Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution* 28, 230–238.
- Burow, E.; P. Thomsen; T. Rousing; J. Sorensen (2013). Daily grazing time as a risk factor for alterations at the hock joint integument in dairy cows. *Animal* 2013, 7, 160–166.
- Candiotti, F.; J. Baudracco; N. Bocco; L. Chapado; D. Manelli; F. Maranzana; E. Rainaudo & F. Torossi (2013). Comparación productiva y económica entre sistemas lecheros pastoriles y confinados de Argentina. 3er Simposio Internacional Leite Integral - Belo Horizonte, Mayo 9, 2013. FunPEL. 2013. Fundación para la promoción y el desarrollo de la cadena láctea Argentina. Anuario de la Lechería Argentina 2013. 84p.
- Casey, J.; N. Holden (2005). The relationship between greenhouse gas emissions and the intensity of milk production in Ireland. *J. Environ. Qual.* 34, 429–436.
- Cavaglia-Harris, J. (2005). Cattle accumulation and land use intensification by households in the Brazilian Amazon. *Agric. Resour. Econ. Rev.* 34:145–162
- Centeno, A. (2013). Intensificación en el tambo. ¿Qué cambió? Hoja de información técnica. INTA UEEA San Francisco. Vol. Julio, N°33. ISSN: 2250-8546.
- Charfeddine & Pérez-Cabal (2015). Phenotypic associations and genetic correlations between claw health disorders and, milk production, fertility, somatic cell score and type traits in Holstein Spanish dairy cattle. Conference Paper June 2015 <https://www.researchgate.net/publication/287984239>
- Charlon, V.; M. Herrero y A. Cuatrin (2014). Valoración del fósforo contenido en efluentes y estiércol de tambos. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl. 1: 213-290
- Chilibroste, P. (2011). IFCN Dairy Report 2011, International Farm Comparison Network. 1. IFCN Dairy Research Center, Kiel, p. 210
- Chilibroste, P.; P. Soca y D. Mattiauda (2012). Estrategias de alimentación en Sistemas de Producción de Leche de base pastoril. En: *Pasturas: Hacia una ganadería competitiva y sustentable*. Balcarce: INTA. Pp 91-100
- Chilibroste, P. (2015). ¿Carga o productividad individual? ¿Pasto o concentrado?: Mitos y realidades en la intensificación de los sistemas de producción de leche en Uruguay. Pages 158–162 in *XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría*, Paysandú
- CNIEL. (2014). *L' économie laitière en chiffres (Dairy Industry Data)*, 2014 ed. CNIEL, Paris, France, p. 182.

- Coffey, E.; L. Delaby; S. Fitzgerald; N. Galvin; K. Pierce and B. Horan (2017). Effect of stocking rate and animal genotype on dry matter intake, milk production, body weight, and body condition score in spring-calving, grass-fed dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100:7556–7568.
- Coffey, E.; L. Delaby; S. Fitzgerald; N. Galvin; K. Pierce & B. Horan (2018). Effect of stocking rate and animal genotype on dry matter intake, milk production, body weight, and body condition score in spring-calving, grass-fed dairy cows. *Journal of dairy science*. Volume 100, Issue 9, September 2017, Pages 7556-7568. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12672>
- Coleman, J.; D. Berry; K. Pierce; A. Brennan; B. Horan (2010). Dry matter intake and feed efficiency profiles of 3 genotypes of Holstein-Friesian within pasture-based systems of milk production. *Journal Dairy Science.*, 93 (2010), pp. 4318-4331
- Comerón, E.; J. Baudracco; N. López-Villalobos; L. Romero y C. Holmes (2007). Producción de leche en sistemas pastoriles. *Revista IDIA XXI*. Vol 7. N°9 26-31
- Costa, D.; D. Reinemann, N. Cook, and P. Ruegg (2004). *The Changing Face of Milk Production, Milk Quality and Milking Technology in Brazil*. Babcock Institute Discussion Paper No. 2004-2. The Babcock Institute for International Dairy Research and Development. University of Wisconsin
- Croissant A.; S. Washburn; L. Dean; M. Drake (2007). Chemical properties and consumer perception of fluid milk from conventional and pasture-based production systems. *J Dairy Sci* 90: 4942–4953.
- Crosson, P.; L. Shalloo; D. O'Brien; G. Lanigan; P. Foley; T. Boland; D. Kenny (2011). A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. *Animal Feed Sci. Technol.* 166e167, 29e45.
- CSO (Central Statistic Office) (2019). Milk statistic. Acceso, septiembre 30, 2019. Disponible en: <https://www.cso.ie/en/statistics/agriculture/milkstatistics/>.
- Dairy Australia (2013). *Australian dairy farming overview-2012; milk production*. Dunedin. pp. 1-4. 2013. Disponible en <http://www.thedairysite.com/articles/3497/australian-dairy-farming-overview2012-milk-production>
- Dairy Australia (2015). *Australian dairy industry in focus 2015*. Dairy Australia: Melbourne. Disponible en http://www.dairyaustralia.com.au/~/_media/Documents/Stats%20and%20markets/Australian%20Dairy%20Industry%20In%20Focus/Australian%20Dairy%20Industry%20In%20Focus%202015.pdf
- DairyNZ (2015). *New Zealand dairy statistics 2014–15*. DairyNZ: Hamilton, New Zealand. Disponible en: www.dairynz/publications/
- Davies, D. (2000). The nitrate issue in England and Wales. *Soil Use Manage.* 16, 142– 144.
- Dharma, S; W. Shafron; M. Oliver (2012). *Australian Dairy: Farm Technology and Management Practices 2010–11*. Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences, Canberra, ACT.

- Díaz-Rosselló, R. (1980). Siembras asociadas y su rol en rotaciones (Crop and Pasture Interseeding and its Role in Crop Rotations). Miscelánea No. 19, EELE/CIAAB, Colonia, Uruguay.
- DIEA (2009). La producción lechera en el Uruguay. Estadístico Agropecuario 2009. Serie de encuesta N° 278 Montevideo; MGAP. 79p
- DIEA (2014). Anuario Estadístico Agropecuario 2014. [En línea]. Montevideo: MGAP. 243p. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2015/DIEA-Anuario-2015-web.pdf>.
- Dillon, P.; F. Buckley; P. O'Connor; D. Hegarty; M. Rath (2003). A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production: 1. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. *Livestock Production Science*, 83 (2003), pp. 21-33
- Donald, P.; R. Green; M. Heath (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proc. R. Soc. Lond.* 268, 25e29
- Eastridge M. (2006). Major advances in applied dairy cattle nutrition. *J Dairy Sci* 89: 1311–1323.
- Ekins P.; C. Folke; R. De Groot (2003). Identifying critical natural capital. *Ecol Econ* 44:159–163 [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00271-9](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00271-9)
- Elgersma A.; S. Tamminga; G. Ellen (2006). Modifying milk composition through forage. *Anim Feed Sci Technol* 131: 207–225.
- Fairweather, J.; S. Mulet-Marquis (2008). New Zealand farm structure change and intensification. Lincoln University, NZ. Research Report no. 301. 33 p.
- FAO (2004). The Ethics of Sustainable Agricultural Intensification. In: FAO Ethics Series 3. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, p. 37.
- FAOSTAT. (2019). Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#compare>
- FAOSTAT (2015). <http://faostat3.fao.org/home/E>
- Faruggia, A.; D. Pomiès; M. Coppa; A. Ferlay; I. Verdier-Metz; A. Le Morva; A. Bethier; F. Pompanon; O. Troquier; B. Martin (2014). Animal performances, pasture biodiversity and dairy product quality: how it works in contrasted mountain grazing systems. *Agr. Ecosyst. Environ.* 185:231-244
- Finneran, E.; P. Crosson; P. O'Kiely; L. Shalloo; D. Forristal; M. Wallace (2010). Simulation modelling of the cost of producing and utilising feeds for ruminants on Irish farms. *Journal of farm Management.* 14 (2010), pp. 95-116
- Fisher, M. & D. Mellor (2008). Developing a systematic strategy incorporating ethical, animal welfare and practice principles to guide the genetic improvement of dairy cattle. *N. Z. Vet. J.* 56: 100-;106
- Foot, K.; M. Joy & R. Death (2015). New Zealand Dairy Farming: Milking Our Environment for All Its Worth. *Environmental Management* September 2015, Volume 56, Issue 3, pp 709–720. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0517-x>
- Franzuebbers, A.; J. Sawchik and M. Taboada (2013). Agronomic and environmental impacts of pasture-crop rotations in temperate North and South America. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, doi:10.1016/j.agee.2013.09.017, published online by Elsevier 22 October 2013

- Fuglie, K.O. (2012). Productivity growth and technology capital in the global agricultural economy. In: Fuglie, K.O., Wang, S.L., Ball, V.E. (Eds.), *Productivity Growth in Agriculture: An International Perspective*. CAB International, Cambridge, pp. 335–368
- FUNPEL (2013). *Fundación para la promoción y el desarrollo de la cadena láctea Argentina*. Fundación PEL. 2013. *Anuario de la Lechería Argentina*
- Gallo, C. (2008). Using scientific evidence to inform public policy on the long distance transportation of animals in South America. *Vet Ital*, 44(1), 113–120.
- García-Prechac, F.; O. Ernst; G. Siri-Prieto; J. Terra (2004). Integrating no-till intercrop–pasture rotations in Uruguay. *Soil Tillage Res.* 77, 1–13.
- García S.; W. Fulkerson y S. Brookes (2008). Dry matter production, nutritive value and efficiency of nutrient utilization of a complementary forage rotation compared to a grass pasture system. *Grass and Forage Science*, 63: 284-300
- Gastaldi, L.; A. Cuatrin; M. Maekawa; G. Litwin; M. Marino; A. Centeno, A. y M. Moretto (2018). Informe de Lechería Pampeana del ejercicio 2016/2017. https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_encuesta_sectorial_lechera_2014_2015._descriptiva.pdf.
- Gimenez, G.; F. Frank F. y P. Marini (2015). Huellas de Carbono y de Agua en Tambos con Diferentes Estrategias de Intensificación. *e-universitas | U.N.R. Journal Año 10 Volumen 02*, 2687-2694
- Gourley, C.; D. Weaver (2012). Policy approaches and difficult choices to reduce nutrient losses from grazing systems in Australia. *Crop Pasture Sci.* 63, 805–818.
- Greig, B. (2006). *Aspects of South American dairying*. Agriculture and Life Sciences. Division Lincoln University. Disponible en: <https://researcharchive.lincoln.ac.nz/handle/10182/3691>
- Hanson, G.; S. Cunningham; A. Ford; L Muller; R. Parsons (1998). Increasing intensity of pasture use with dairy cattle: An economic analysis. *J. Prod. Agric.*, 11 (1998), pp. 175-179
- Harris, B. & A. Winkelman (2000). Influence of North American Holstein genetics on dairy cattle performance in New Zealand. *Proc. N.Z. Large Herds Conf.* 6, 122-136.
- Haskell, M.; L. Rennie; V. Bowell; M. Bell; A. Lawrence (2006). Housing system, milk production, and zero-grazing effects on lameness and leg injury in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2006, 89, 4259–4266.
- Hedley, P.; E. Kolver; C. Glassey; B. Thorrold; A. Van Bysterveldt; J. Roche; K. MacDonald (2011). Achieving high performance from a range of farm systems. In: *Dairy Conference (1st., 2011, Wellington)*. Proceedings. Wellington, s.e. cap. 4, pp. 147 – 166.
- Heringstad B.; J. Jensen; G. Klemetsdal & P. Madsen (2003). Genetic Analysis of Somatic Cell Score in Norwegian Cattle Using Random Regression Test-Day Models. *Journal of Dairy Science* 86:4103–4114
- Hernandez-Mendo, O.; M. von Keyserlingk; D. Veira; D. Weary (2007). Effects of pasture on lameness in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2007, 90, 1209–1214
- Hochman Z.; P. Carberry; M. Robertson; D. Gaydon; L. Bell & P. McIntosh (2013). Prospects for ecological intensification of Australian agriculture. *European Journal of Agronomy* 44, 109–123.

- Hoden, A.; J. Peyraud; A. Muller; L. Delaby; P. Faverdin; J. Peccatte, & M. Fargetton (1991). Simplified rotational grazing management of dairy cows: Effects of rates of stocking and concentrate. *J. Agric. Sci.* 116:417–428.
- Holmes, W.; G. Wilson; D. Mackenzie; D. Flux; I. Brookes; A. Davey (2002). Feeding the herd. *Milk Production from Pasture*, Butterworths, Wellington, New Zealand (2002), pp. 33-89
- Holmes, C.; & J. Roche (2007). Pasture and supplements in New Zealand Dairy Production Systems. In *Pastures and Supplements for grazing animals Occ. Pub. No 14*. New Zealand Society of Animal Production, Hamilton, New Zealand.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007). Climate change 2007: Synthesis report. Jackson Institute, University College, London. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf.
- Jacobs, J.. (2014). Challenges in ration formulation in pasture-based milk production systems. *Anim. Prod. Sci.* 2014 (54), 1130–1140.
- Jarvis, S. & H. Aarts (2000). Nutrient management from a farming systems perspective. *Grassland Sci. Eur.* 5, 363–373.
- Jones, D.; P. Cross & P. Withers (2013). Nutrient-stripping: the global disparity between food security and soil nutrient stocks. *Journal of Applied Ecology* 50: 851–862.
- JRC, IPTS (2009). Economic Impact of the Abolition of the Milk Quota Regime e Regional Analysis of the Milk Production in EU. JRC-IPTS, Seville, Spain, p. 110.
- Kay J.; T. Mackle; M. Auldist; N. Thomson & D. Bauman (2004). Endogenous synthesis of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid in dairy cows fed fresh pasture. *J. Dairy Sci.* 87:369–378.
- Kelley N., N. Hubbard; K. Erickson (2007). Conjugated linoleic acid isomers and cancer. *J Nutr* 137: 2599–2607.
- Kolver, E. (2003). Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proc. Nutr. Soc.* 62:291-300
- Kriegl, T. (2001). Wisconsin grazing dairy profitability analysis—A preliminary five-year comparison of the cost of production of selected conventional and grazing Wisconsin dairy farm. University of Wisconsin Centre of Dairy Profitability, Madison (2001)
- Kroll, J.; A. Trouvè; M. Deruaz (2010). Quelles perspectives de régulation après la sortie des quotas? Faut-il encore une politique laitière européenne? In: What regulatory outlook after the release of quotas? Do we still need a European dairy policy? Centre d'Economie et Sociologie appliquées à l'Agriculture et aux Espaces Ruraux (CESAER), Dijon, France, p. 42.
- Lagger, J. (2006). Animal Welfare Strategies to prevent lameness. Scottish Agriculture College-Bush State Edinburgh-Scotland-GB

- Läpple, D. & F. Thorne (2018). The Role of Innovation in Farm Economic Sustainability: Generalised Propensity Score Evidence from Irish Dairy Farms. *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 70, No. 1, 2019, 178–197. doi: 10.1111/1477-9552.12282
- Lara, R.; J. Baudracco; B. Lazzarini (2019). Caracterización técnico-productiva de fincas lecheras Del noreste de la provincia de buenos aires, argentina. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* (2019) 35(2): 186-195.
- Lazzarini,B.; J. Baudracco; E. Demarchi y D. Lovino (2013). Baja respuesta al uso de suplementos en vacas lecheras: 8 años de información. *Revista Argentina de Producción Animal*.
- Lazzarini,B.; J. Baudracco; E. Demarchi; D. Lovino y J. Jáuregui (2014). Evolución de la suplementación, el consumo de pastura y la producción de leche en sistemas lecheros de argentina. *FAVE. Secc. Cienc. agrar. vol.13 no.2. versión impresa ISSN 1666-7719*
- Lazzarini B.; J. Baudracco; G. Tuñon; L. Gastaldi; N. Lyons; H. Quattrochi & N. Lopez-Villalobos (2019). Review: Milk production from dairy cows in Argentina: Current state and perspectives for the future. *Applied Animal Science* 35:426-432
- Ledgard, S.; R. Schils; J. Eriksen; J. Luo (2009). Environmental impact of grazed clover/grass pastures. *Irish J. Agric. Food Res.* 48, 209–226
- LIC (Livestock Improvement Corporation, NZ) (2012). New Zealand; dairy statistics 2010-2011. Hamilton. pp. 5-50. Disponible en: <http://www.lic.co.nz/pdf/DAIRY%20STATISTICS%2010-11-WEB.pdf>
- Macdonald, K; J. Penno; J.Lancaster y J. Roche (2008). Effect of Stocking Rate on Pasture Production, Milk Production, and Reproduction of Dairy Cows in Pasture-Based Systems. *J. Dairy Sci.* 91:2151-2163
- MacLeod, C.; H. Moller (2006). Intensification and diversification of New Zealand agriculture since: an evaluation of current indicators of land use change. *Agric Ecosyst Environ* 115:201–218. doi: 10.1016/j.agee.2006.01.003
- Martinez, G.; V. Suarez y M. Ghezzi (2016). Bienestar animal en bovinos de leche: selección de indicadores vinculados a la salud y producción. *Revisiones. RIA.* 42, 153-160. Disponible en http://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/408/RIA_2016_VOLUMEN%2042_N%C2%BA%202_p.%20153-160.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- McCarthy, B.; L. Delaby; K. Pierce; F. Journot, & B. Horan (2011). Meta-analysis of the impact of stocking rate on the productivity of pasture-based milk production systems. *Animal* 5:784–794.
- McCarthy, B.; K. Pierce; L. Delaby; A. Brennan; B. Horan (2012). The effect of stocking rate and calving date on reproductive performance, body state, and metabolic and health parameters of Holstein-Friesian dairy cows. *Journal Dairy Science*, 95 (2012), pp. 1337-1348
- McCarthy, B.; L. Delaby; K. Pierce; J. McCarthy; C. Fleming; A. Brennan & B. Horan (2016). The multi-year cumulative effects of alternative stocking rate and grazing management practices on pasture productivity and utilization efficiency. *J. Dairy Sci.* 99:3784–3797

- McCormack, M.; F. Thorne; K. Hanrahan (2018). "Measuring Total Factor Productivity on Irish Dairy Farms: A Fisher Index Approach using Farm Level Data," 92nd Annual Conference, April 16-18, 2018, Warwick University, Coventry, UK 273479, Agricultural Economics Society.
- McMeekan, C. (1960). Grass to milk. A New Zealand philosophy. New Zealand. The New Zealand Dairy Exporter (Eds). Wellington, New Zealand.
- McMeekan, C.P., M. Walshe (1963). Inter-relationships of grazing methods and stocking rate in efficiency of pasture utilization by dairy cattle. *J. Agric. Sci.* 61, 147– 166.
- Mendoza, A.; C. Cajarville; A. Santana & J. Luis (2011). Hacia una nueva forma de pensar la alimentación de las vacas lecheras. La inserción del confinamiento en los sistemas pastoriles de producción de leche. Programa Nacional de Producción de Leche, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay
- Miglior, F.; B. Muir & B. Van Doormaal (2005). Selection Indices in Holstein Cattle of Various Countries. *Journal of Dairy Science* 88:1255–1263
- Ministerio de Agroindustria (2015). Estadísticas de Producción Primaria. Buenos Aires. Disponible en http://www.agroindustria.gob.ar//sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas
- Miranda-de la Lama, G.; W. Sepúlveda; M. Villarroel & G. María (2013). Attitudes of meat retailers to animal welfare in Spain. *Meat Science*, 95, 569–575.
- Moller, H.; C. MacLeod; J. Haggerty; C. Rosin; G. Blackwell; C. Perley; S. Meadows; F. Weller & M. Gradwohl (2008). Intensification of New Zealand agriculture: implications for biodiversity. *N Z J Agric Res* 51:253–263 <https://doi.org/10.1080/00288230809510453>
- Moore, K. C. (1998). Economics of grass for dairy cattle. Pages 373–391 *in* Grass for Dairy Cattle (Eds. J. H. Cherney & D. J. R. Cherney). CAB International, New York, NY.
- Mott, G. (1960). Grazing pressure and the measurement of pasture production. Proceedings of the 8th International Grassland Congress Reading, pp. 606-611
- Muller, L.D. (2003). Pasture based systems for dairy cows in the USA. <http://www.das.psu.edu/research-extension/dairy/nutrition/forages/pasture>
- OCLA (2019). Lechería Mundial - Principales Aspectos. Disponible en la World Wide Web en: www.ocla.org.ar
- Oenema, O.; C. de Klein; M. Alfaro (2014). Intensification of grassland and forage use: driving forces and constraints. *Crop Pasture Sci.* 65, 524–537.
- Olechnowicz, J. & J. Jaskowski (2011). Behaviour of lame cows: a review. *Veterinarni Medicina* 56: 581;588.
- Olmos, G.; L. Boyle; A. Hanlon; J. Patton; J. Murphy; J. Mee (2009). Hoof disorders, locomotion ability and lying times of cubicle-housed compared to pasture-based dairy cows. *Livest. Sci.* 2009, 125, 199–207.
- Oltenu, P. & B. Algers (2005). Selection for Increased Production and the Welfare of Dairy Cows: Are New Breeding Goals Needed? *Royal Swedish Academic of Sciences* 2005. *Ambio* Vol. 34, 311-315

- Parker, W.; L. Muller & D. Buckmaster (1992). Management and economic implications of intensive grazing on dairy farms in northeastern states. *J. Dairy Sci.* 75:2587–2597.
- PCE (2004). Growing for food: Intensive farming, sustainability and New Zealand's environment. Parliamentary Commissioner for the Environment, Wellington, New Zealand
- Penno, J. (1999). Stocking rate for optimum profit. *Proceedings of the South Island Dairy Event 1*: 25–43.
- Perman, R.; & J. McGivray (1996). *Natural resource and environmental economics*. Longman Publishing Group, London
- Peyraud, J.; A. Le Gall & A. Luscher (2009). Potential food production from forage legume-based-systems in Europe: an overview. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 48: 115-135, 2009
- Popkin, B. (1993). Nutritional patterns and transitions. *Population and Development Review* 19: 138–157
- Poulter, C. & J. Sayers (2015). Retention of skilled migrants in the New Zealand dairy industry. *N.Z. J. Employ. Relat.* 40:1-23.
- Powell, J.; M. MacLeod; T. Vellinga; C. Opio; A. Falcucci; G. Tempio; H. Steinfeld; P. Gerber (2013). Feed–milk–manure nitrogen relationships in global dairy production systems. *Livest. Sci.* 152, 261–272.
- Prendiville, R.; K. Pierce; F. Buckley (2009). An evaluation of production efficiencies among lactating Holstein-Friesian, Jersey, and Jersey × Holstein-Friesian cows at pasture. *Journal Dairy Science*, 92 (2009), pp. 6176-6185
- Pretty, J. (1997). The sustainable intensification of agriculture. *Natural Resources Forum* 21, 247–256
- Pretty, J.; C. Brett; D. Gee; R. Hine; C. Mason; J. Morison; H. Raven; M. Rayment & G. van der Bij (2000). An assessment of the total external costs of UK agriculture. *Agric Syst* 65:113–136
[https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(00\)00031-7](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(00)00031-7)
- Pretty, J. (2013). The consumption of a finite planet: well-being, convergence, divergence and the nascent green economy. *Environmental and Resource Economics* 55: 475–499
- Pretty, J. & ZP. Bharucha (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany* 114: 1571–1596, 2014. doi:10.1093/aob/mcu205, disponible en: www.aob.oxfordjournals.org
- Pretty, J.; Z. Bharucha; M. Hama Garba; C. Midega; E. Nkonya; W. Settle & S Zingore (2014). Foresight and African agriculture: innovations and policy opportunities. Report to the UK Government Foresight Project. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/300277/14-533-future-african-agriculture.pdf (31 August 2014).
- Prugh, T.; R. Costanza; H. Daly; R. Goodland; J. Cumberland; R. Norgaard (1999). *Natural capital and human economic survival*. CRC Press-Lewis Publishers, Boca Raon, FL Pages: 208. eBook ISBN: 9781420048322
- Ramirez, L.; S. Zuliani; J. Porstmann y G. Lopez (2007). Evolucion historica de la rentabilidad de la agricultura y el tambo en el sur de Santa Fe. Periodos 1993-94 a 2004-05. *Rev. Invest. Fac. C. Agra.* No 11. 12: 23-34.

- Rearte, R.; S. LeBlanc; S. Corva; R. de la Sota; I. Lacau-Mengido & M. Giuliodorill (2017). Effect of milk production on reproductive performance in dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 101 (2018), pp. 7575-7584
- Roche, J. & B. Horan (2013). Resilient farming systems for an expanding Irish dairy industry. In *Irish dairying – harvesting the potential* (ed. D. Berry, S. Butler and P. Dillon), pp. 15–24. Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre, Moorepark, Co. Cork, Ireland; Fermoy, Co. Cork, Ireland
- Roche, J.; D. Berry; L. Delaby; P. Dillon; B. Horan; K. Macdonald & M. Neal (2018). Review: New considerations to refine breeding objectives of dairy cows for increasing robustness and sustainability of grass-based milk production systems. *Animal*, 12 s350–362
<https://doi.org/10.1017/S1751731118002471>
- Rodriguez-Lainz, A.; P. Melendez-Retamal; D. Hird; D. Read & R. Walker (1999). Farm- and host-level risk factors for papillomatous digital dermatitis in Chilean dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine* 42: 87-97
- Romera, A. & G. Doole (2016). Integrated analysis of profitable stocking-rate decisions in pasture-based dairy systems. *Grass Forage Sci*, 71: 90-101. doi:10.1111/gfs.12149
- Rushen, J.; A. de Passillé; M. von Keyserlingk; D. Weary (2008). Housing for adult cattle. In: *The welfare of cattle*. Springer. Amsterdam, Netherlands. pp 142-180.
- Rutherford, K.; F. Langford; M. Jack; L. Sherwood; A. Lawrence; M. Haskell (2009). Lameness prevalence and risk factors in organic and non-organic dairy herds in the United Kingdom. *Vet. J.* 2009, 180, 95–105.
- Salado, E. (2015). Estrategias de alimentación en sistemas lecheros: comparación de sistemas confinados vs. pastoriles. 12º Congreso Panamericano de la Leche. Asunción, Paraguay. In: 12º Congreso Panamericano de la Leche. Asunción, Paraguay; 2012
- Salou, T.; C. Le Mouël, H. & van der Werf (2017). Environmental impacts of dairy system intensification: the functional unit matters. *J Clean Prod* 140:445–454
- Sánchez, C.; M. Suero; H. Castignani; J. Terán y M. Marino (2012). La lechería argentina: estado actual y su evolución (2008 a 2011). En 47th Reunión Anual de Economía Agraria. Corrientes, Argentina. 15 pp.
- Secretaría de Agroindustria (2018). Estadísticas lecheras. Accessed Noviembre 20 de 2018. http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_01_primaria/index.php
- SENASA (2019). Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/senasa/mercados-y-estadisticas/estadisticas/animal-estadisticas/bovinos/bovinos-y-bubalinos-sector-primario>
- Shalloo, L.; P. Dillon; M. Rath; M. Wallace (2004). Description and validation of the Moorepark dairy system model. *J. Dairy Sci.*, 87 (2004), pp. 1945-1959
- Shook, E. (2006). Major advances in determining appropriate selection goals. *Journal of Dairy Science* 89: 1349-1361
- Short, S. D. (2004). Characteristics and Production Costs of U.S. Dairy Operations. USDA Statistical Bulletin No. 974–6. 20 pp. ARMS of Milk Producers, USDA, ERS.

- Skevas, I.; X. Zhu; V. Shestalova, & G. Emvalomatis (2018). The Impact of Agri-Environmental Policies and Production Intensification on the Environmental Performance of Dutch Dairy Farms. Western Agricultural Economics Association. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 43(2):423–440 ISSN 1068-5502.
- Soder, K. & C. Rotz (2001). Economic and environmental impact of four levels of concentrate supplementation in grazing dairy herds. *J. Dairy Sci.* 84:2560–2572.
- Somers, J.; K. Frankena; E. Noordhuizen-Stassen & J. Metz (2005). Risk factors for interdigital dermatitis and heel erosion in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Preventive Veterinary Medicine* 71: 23-34.
- Stott, K. & C. Gourley (2016). Intensification, nitrogen use and recovery in grazing-based dairy systems. *Agricultural Systems* 144 (2016) 101–112. www.elsevier.com/locate/agsy
- Tieri, M; E. Comeron; M. Pece; M. Herrero; P. Engler; V. Charlon y K. Garcia (2014a). Indicadores utilizados para evaluar la sustentabilidad integral de los sistemas de producción de leche con énfasis en el impacto ambiental. *Public. Miscelánea*.ISSN 2314-3126. Año 2:1
- Tieri, M.; M. Pece; E. Comerón; V. Charlon y M. Maciel (2014b). Análisis ambiental de un sistema lechero en proceso de intensificación simulado. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl. 1: 213-290.
- Tilman, D.; K. Cassman; P. Matson; R. Naylor; S. Polasky (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677.
- Tipples, R. (2012). ‘How did dairy fatigue research come about and what are we doing?’, South Island Dairy Event, University of Otago, Dunedin. 25-27 June 2012
- Tittonell, P. (2014). Ecological intensification of agriculture-sustainable by nature.*Current Opinion in Environmental Sustainability* 8, 53–61.
- Turner, R.; D. Pearce & I. Bateman (1994). *Environmental economics: an elementary introduction*. Harvester Wheatsheaf, New York, London. Pages: 328. ISBN: 0745010830
- USDA ERS (United States Department of Agriculture. Economic research Service, US) (2012). Farm milk production. Washington, D. C. s.p. Disponible en 80 http://www.ers.usda.gov/topics/animalproducts/dairy/background.aspx#.U2_W1YF5NJ0
- USDA NASS (2012). Census 2012. Disponible en: https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2012/Full_Report/Volume_1,_Chapter_1_US/usv1.txt
- Van der Werf, H. & J. Petit (2002). Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison of twelve indicator-based methods. *Agric. Ecosyst. Environ.* 93 (1), 131–145.
- Vargas-Bello-Pérez, E.; G. Miranda-de la Lama; D. Teixeira et al. (2017). Farm Animal Welfare Influences on Markets and Consumer Attitudes in Latin America: The Cases of Mexico, Chile and Brazil. *J Agric Environ Ethics* 30, 697–713 (2017) doi:10.1007/s10806-017-9695-2

- Verkerk, G.; S. Morgan & E. Kolver (2000). Comparison of selected reproductive characteristics in overseas and New Zealand Holstein-Friesian cows grazing pasture or fed a total mixed ration. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 60, 270-274.
- Vibart, R. (2006). Performance of Lactating Dairy Cows Fed Varying Levels of Total Mixed Ration and Pasture. PhD. Thesis. Graduate Faculty of North Carolina State University, Animal Science and Poultry Science, Raleigh, North Carolina
- Vibart, R.; V. Fellner; J. Burns; J. Huntington & J. Green (2008). Performance of lactating dairy cows fed varying levels of total mixed ration and pasture. *J Dairy Res* 75: 471–480.
- Viglizzo, E.; L. Carreño; H. Pereyra; F. Ricard; J. Clatt y D. Pincén (2010). Dinámica de la frontera agropecuaria y cambio tecnológico. In: Viglizzo, E.F., Jobbágy, E.G. (Eds.), *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*. INTA, Buenos Aires, pp. 9–16.
- Wagner, K.; J. Brinkmann; S. March; P. Hinterstoißer; S. Warnecke; M. Schüller & H. Paulsen (2018). "Impact of Daily Grazing Time on Dairy Cow Welfare—Results of the Welfare Quality® Protocol." *Animals* 8, no. 1: 1. <https://doi.org/10.3390/ani8010001>.
- Wales, W. & E. Kolver (2017). Challenges of feeding dairy cows in Australia and New Zealand. *Review. Animal Production Science*, 2017, 57, 1366–1383 <http://dx.doi.org/10.1071/AN16828>
- Washburn, S.; S. White; J. Green & G. Benson (2002). Reproduction, mastitis, and body condition of seasonally calved Holstein and Jersey cows in confinement or pasture systems. *J. Dairy Sci.* 85:105–111.
- White, S.; G. Benson; S. Washburn & J. Green (2002). Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 2002, 85, 95–104.
- Windig, J.; M. Calus & R. Veerkamp (2005). Influence of Herd Environment on Health and Fertility and Their Relationship with Milk Production. *Journal of Dairy Science*. Volume 88, Issue 1, January 2005, Pages 335-347
- Yan, M.; J. Humphreys; N. Holden (2013). Life cycle assessment of milk production from commercial dairy farms: the influence of management tactics. *J. Dairy Sci.* 96, 4112e4124.

Capítulo 3

Caracterización técnico-productiva de tambos de la cuenca Abasto Buenos Aires

Una versión resumida de este capítulo fue publicada en el Chilean journal of agricultural & animal sciences. Caracterización técnico-productiva de fincas lecheras del noreste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Vol. 35 (2): 186-195. Lara, R.; J. Baudracco y B. Lazzarini. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000304>

INTRODUCCIÓN

La producción de leche es una actividad que permite el desarrollo económico y social de numerosas regiones del mundo. La producción de leche en Argentina se ha mantenido relativamente estable desde el año 1999, aproximadamente en 10.000 millones de litros anuales (OCLA, 2018). Sin embargo, la producción de leche ha incrementado sustancialmente en países con sistemas de producción similar, pastoriles con suplementación, en los últimos años; así, por ejemplo en Uruguay el crecimiento fue 49% en los últimos 15 años (3,3% por año) (INALE, 2018), en Irlanda la producción creció 32% desde 2009 a 2016 (4,6% por año) (OCLA, 2018), y en Nueva Zelanda se registró un crecimiento del 95% en los últimos 20 años (4,8% por año) (LIC & DairyNZ, 2018).

En Argentina, los niveles de producción de leche por vaca y la productividad anual por hectárea de un tambo promedio son relativamente bajos en relación al potencial genético de los animales y a los alimentos utilizados, siendo la producción de leche individual de 17,5 litros vaca en ordeño⁻¹ día⁻¹ y la productividad de 7.016 litros ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente (OCLA, 2018). Datos similares fueron publicados por Chomicz y Gambuzzi (2007) (17,4 litros vaca en ordeño⁻¹ día⁻¹ y 6.086 litros ha⁻¹ año⁻¹), lo que evidencia el estancamiento productivo de la lechería en Argentina, comprometiendo el resultado económico de los tambos y consecuentemente la sustentabilidad económica y social de la actividad lechera. La cantidad de vacas por tambo se incrementó en las últimas décadas en Argentina (Lazzarini et al., 2014; OCLA, 2018). Sin embargo, existen evidencias que muestran que el incremento en la cantidad de vacas por tambo ocurrió sin la inversión necesaria en infraestructura (Baudracco et al., 2014), lo que afecta el bienestar de las vacas y las condiciones laborales de la gente. Se han incorporado tecnologías de insumos relacionadas a los animales y alimentación, muchas veces sin lograr la respuesta esperada en producción de leche por vaca (Lazzarini et al., 2013), la falta de infraestructura y las condiciones laborales inadecuadas pueden ser las causantes que limitan la productividad de los tambos generando, además, una actividad poco atractiva (Lazzarini et al., 2019).

La provincia de Buenos Aires concentra el 22,1% de los tambos de Argentina, y dentro de esta provincia, el 42% (1.048 tambos) se encuentra en la cuenca Abasto de Buenos Aires (SENASA, 2018), ubicada en el Noreste de la provincia. Sin embargo, la información que describa la situación productiva de los tambos de dicha cuenca es insuficiente. El objetivo de este trabajo fue detectar los principales factores que podrían limitar la eficiencia de procesos productivos en tambos de la cuenca Abasto Buenos Aires, a través de un relevamiento de infraestructura, recursos naturales y tecnología aplicada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un relevamiento en 29 tambos ubicados en la cuenca Abasto de Buenos Aires, entre las localidades de Luján (34°34'13.0" S; 59°06'18.0" O) y Castelli (36°05'26" S; 57°48'30" O), y desde Navarro (35°00'20.1" S; 59°16'37.2" O) hasta la localidad de Lezama (35°52'30.1" S; 57°53'49" O). La región donde se realizó el relevamiento posee un clima templado húmedo con veranos muy cálidos y con precipitaciones anuales que rondan los 1.000 mm. Los suelos son muy diversos, con capacidades de uso III y IV; presentan

limitaciones de drenaje (baja infiltración) por presencia de horizonte B textural (arcilloso), siendo además una restricción importante el bajo contenido de fósforo, alrededor de 10 mg kg^{-1} (Sainz Rozas et al., 2012).

La elección de los 29 tambos fue acorde a que estos comparten la misma metodología de gestión empresarial en la cuenca, registran gran cantidad de información y tuvieron una alta predisposición a participar de este estudio. No es una muestra representativa de la región.

Guía de relevamiento

Se confeccionó una guía de relevamiento para recopilar la información en campo. Se relevaron aspectos productivos, de infraestructura, de manejo y tecnología aplicada, de recursos naturales de los tambos y de recursos humanos, ya que son componentes del sistema que podrían estar actuando como principales limitantes a la expresión del potencial de producción de leche. El resultado y análisis de los recursos humanos no fue incluido en este trabajo por solicitud de reserva de los productores de los tambos relevados. La guía (transcripta en el APÉNDICE) con 333 ítems, se diseñó para maximizar la objetividad en la obtención de la información; por ello, se minimizó la cantidad de preguntas y se maximizó la cantidad de observaciones, priorizando parámetros cuantificables. Como ejemplo, para conocer la duración del ordeño se cronometró el tiempo entre el inicio y el fin del mismo, en lugar de interrogar al operario sobre su duración. Las variables que no pudieron ser cuantificadas, como por ejemplo “estado de los comederos” se describieron como variables cualitativas en una escala con tres opciones: bueno, regular y malo. En el transcurso de la visita se entrevistó al productor y a la persona encargada del tambo. La duración total aproximada del relevamiento en el campo fue de 12 a 14 horas por tambo, en una o dos visitas, y estuvo a cargo del autor de esta tesis. La guía se construyó en base a variables definidas en un relevamiento previo (Baudracco et al., 2014) con adaptaciones referidas en el APÉNDICE (por diferencias zonales).

Características generales del establecimiento

Mediante una entrevista al productor se registró la cantidad de vacas en ordeño (VO) y vacas secas (VS) promedio en el año, la producción anual de leche, la superficie destinada al rodeo de vacas totales (VT) (ordeño y secas), el régimen de tenencia de la tierra (propia o arrendada), la ocupación de los lotes destinados a VT (superficie de praderas, de cultivos anuales, superficie improductiva), la raza utilizada, los porcentajes de mortandad (de vacas y de terneros), la capacidad de uso de los suelos, la cantidad de reservas forrajeras y de concentrados comprados, los rendimientos de los cultivos y la tecnología utilizada en los mismos (genética, agroquímicos y manejo).

Infraestructura relevada

Se relevaron las instalaciones de ordeño, la sombra disponible para los animales, la cantidad y estado de las aguadas para los animales, el estado de los caminos internos para circulación de animales (callejones) y la infraestructura disponible para alimentación.

Instalaciones de ordeño. Se relevaron datos sobre la antigüedad de las instalaciones, tipo de instalación, cantidad de unidades de ordeño, el tipo y dimensionamiento del corral de espera, el sistema de refrigeración de los animales en la sala de ordeño y en el corral de espera, y el equipamiento disponible para el ordeño.

Sombras, aguadas y callejones. Se relevó el dimensionamiento de las sombras naturales (árboles) y artificiales, su orientación y el estado de estas. También se registró el acceso a aguadas y a comederos cercanos al área de sombras. Se relevaron todas las aguadas utilizadas por las vacas, en cantidad, capacidad, estado del piso circundante a la aguada y la distancia de las aguadas a las parcelas de pastoreo. Se relevaron los callejones, registrando pendiente, ancho y la cantidad de sitios con encharcamiento y pozos.

Instalaciones de parto. El sitio de parto fue relevado observando la presencia de aguada y comederos o la distancia para acceder a ellas y el estado del piso del corral parto. Además, se registró la duración de la permanencia en parto y la duración en postparto.

Manejo y tecnología aplicada

Crianza de terneros. Se relevó el sistema de crianza, el tiempo de permanencia del ternero con la vaca, tipo, cantidad y horarios de suministro de alimentos, el plan sanitario, limpieza de los comederos, criterio de destete y presencia/ausencia de sombra en el sector de crianza.

Ordeño. Se relevó la duración, horarios y rutina de ordeño y la frecuencia de servicio de mantenimiento de la máquina ordeñadora.

Reproducción. Se relevó el tipo de servicio (natural o artificial), la disponibilidad de registros reproductivos, la distribución de partos y el sistema de detección de celos.

Cultivos. Se relevaron datos relativos a la tecnología y el manejo utilizado en los cultivos, tales como: cultivares utilizados, agroquímicos, fertilización (tipo, momento y dosis).

Alimentación. Se relevó la disponibilidad y estado de los comederos y la rutina de alimentación. En el caso de haber más de un rodeo de vacas en ordeño, toda la sección de alimentación se completó únicamente para el rodeo más grande de vacas en ordeño.

Recursos naturales

Suelo. Se tomaron 30 muestras por parcela, a 25 cm de profundidad, luego se realizó una muestra compuesta y se envió a laboratorio para análisis de materia orgánica (%) por el método de Walkley y Black's (Jackson, 1982), pH en una relación suelo:agua de 1:2,5, nitrógeno (NO₃) por colorimetría, fósforo extractable por colorimetría por el método de Bray y Kurtz (Jackson, 1982), y azufre (SO₄) por turbidimetría (Jackson, 1982). En cada tambo se tomó una muestra, en una parcela con pastura con más de dos años desde la implantación, que no haya sido utilizada para encierre de animales en los últimos tres años.

Agua de bebida para el ganado. Se tomó una muestra en la primera aguada que se encontró a la salida de la sala de ordeño, directamente desde el tanque o bebedero, para representar el agua que efectivamente consumen los animales; luego se llevó al laboratorio para determinar los siguientes parámetros: pH por potenciometría,

concentración en mg kg⁻¹ de bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, nitratos, sales totales por complejometría, sodio por fotometría de llama, y cloruros por colorimetría.

Litros libres de alimentación

Con los datos relativos a alimentación, y con el acceso a registros económicos de los tambos, se calculó la variable litros libres de alimentación por hectárea (LLA ha⁻¹ año⁻¹) para cada una de los tambos. Esta variable representa el ingreso equivalente en litros de leche luego de descontar los costos de alimentación (concentrados, reservas y pasturas) y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{LLA ha}^{-1} \text{ año}^{-1} = \frac{[(\text{Ingreso por venta de leche VT}^{-1} \text{ año}^{-1} - \text{Costo de alimentación VT}^{-1} \text{ año}^{-1}) \times \text{VT ha}^{-1}]}{\text{Precio por litro de leche}}$$

Este indicador está fuertemente relacionado a la eficiencia alimenticia y al resultado económico en tambos (Adduci et al., 2015).

Análisis de los datos

Los resultados de cada tambo fueron examinados individualmente para detectar valores aberrantes o inconsistentes (valor atípico o distante del resto del grupo de datos). En caso de detectar valores aberrantes, se consultó nuevamente con el dueño o encargado del tambo para corroborar y corregir la información obtenida.

Se utilizó estadística descriptiva; se estimó el promedio, desvío estándar y los valores máximos (MAX) y mínimos (MIN) para cada uno de los parámetros relevados. Se estimaron coeficientes de correlación (Pearson con nivel de significancia $p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$) entre todas las variables y se realizó análisis de regresión múltiple para detectar aquellas que tienen mayor incidencia en la producción individual (Litros VO día⁻¹), productividad (Litros haVT año⁻¹) y Litros libres de alimentación haVT⁻¹. Para los análisis estadísticos se utilizó el software IBM SPSS (2011).

Conforme a los resultados obtenidos en el relevamiento, se procedió a la confección de índices, los datos evaluados fueron transformados en un puntaje de 0 a 10 determinado por la metodología específica del Proyecto INDICES de Baudracco et al., 2014, se puntúa con 10 los aspectos que se encuentran en su estado óptimo según recomendación bibliográfica. A los aspectos considerados se los consideró conformando grupos de índices compuestos de: infraestructura, manejo y tecnología aplicada y de recursos naturales. A estos se los relacionó con las variables de eficiencia, carga animal (VT haVT⁻¹), producción individual (L VO día⁻¹) y litros libres de alimentación (LLA) por medio de un análisis de correlación.

Para determinar relaciones entre niveles de producción y los resultados del relevamiento de tambos, se procedió a analizarlos por medio de una estratificación en tercios conformando grupos de tambos chicos, medianos y grandes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales del tambo promedio

Las características generales del tambo promedio se presentan en la Tabla 3. El sistema de producción típico es pastoril con suplementación durante todo el año, siendo la pastura de alfalfa (*Medicago sativa* L.) el principal cultivo, el cual ocupa 46% ($\pm 17,4$) de la superficie total. El tambo promedio tiene 351 (± 191) VT en una superficie de 214 (± 119) ha, equivalente a una carga animal de 1,64 ($\pm 0,41$) VT ha⁻¹, incluyendo la superficie improductiva (14,5%; definida como superficie no utilizada con cultivos). El 59% de los tambos se situaron por debajo de ese promedio de carga animal. Se registraron datos que promedian 2,33 VT ha⁻¹ en el 20% de los tambos con datos superior en carga animal. Estos valores de carga animal son mayores al promedio del país, y concuerdan con Baudracco et al. (2014), quienes afirmaron que existe evidencia sobre la conveniencia económica de incrementarla aún más en los sistemas lecheros argentinos (Baudracco et al., 2017), siempre y cuando se cuente con la infraestructura adecuada.

La producción individual de leche fue de 23,9 litros VO día⁻¹ y la productividad de 12.230 L ha año⁻¹ 37% y 74% superior al promedio de Argentina, respectivamente y al relevamiento realizado por Baudracco et al. (2014) en tambos de Santa Fe y Córdoba (Tabla 2). El 62% de los tambos relevados, se resultaron con menor productividad que el promedio y el 20% con valores superiores al promedio de dicha productividad reflejaron un 51 % de potencial de crecimiento en la región relevada ya que contabilizaron 18.499 L ha⁻¹ año⁻¹ promedio, y un 164% si se lo compara con el promedio nacional registrado por el OCLA (2018). Cabe mencionar que el 10% de los tambos con menor productividad (7.083 L ha⁻¹año⁻¹) se encuentran dentro del 20% de los tambos que resultaron con menor carga animal, por lo tanto con menor intensificación.

Todos los tambos utilizan vacas de raza Holstein, de aproximadamente 600 kg de peso vivo en los rodeos. El 100% de los tambos relevados cuentan con asesoramiento veterinario, el 89% con asesoramiento agronómico, y casi la mitad recibe asesoramiento adicional en nutrición animal.

Infraestructura en los tambos

Instalaciones de ordeño. En la Tabla 4 se observan datos sobre la infraestructura relevada en tambos de la cuenca Abasto buenos Aires. La totalidad de los tambos tiene una sala de ordeño tipo espina de pescado, con un promedio de 15 unidades de ordeño. En promedio, se reveló una antigüedad de 21 (± 14) y 9 (± 7) años para la instalación y la máquina de ordeño, respectivamente. Estos datos evidencian la falta de inversión en instalaciones y equipamiento de ordeño, lo que impone restricciones al bienestar animal, pudiendo predisponer a mastitis, y consecuentemente disminuir la producción de leche (Bareille et al., 2003). Resultados similares se observaron para una muestra de 190 tambos en la región pampeana de Argentina donde se observó que el 60% de los tambos presentan instalaciones de ordeño que superan o están próximas a cumplir su vida útil (INTA, 2018) y para el relevamiento de tambos de Baudracco et al. (2014).

Respecto al corral de espera, todos los tambos tienen corral de cemento, con una superficie promedio de 1,6 ($\pm 0,9$) m² VO⁻¹ para el rodeo más grande, valor adecuado para vacas Holstein de 550 kg (Chesterton et al., 1989). Sin embargo, el 34% tiene menos de 1,2 m² VO⁻¹, lo que podría incrementar la predisposición a afecciones podales y lesiones entre animales por el reducido espacio. Dentro de la sala de ordeño, el 34% de las instalaciones cuenta con ventiladores, el 93% tiene automatizada la alimentación con alimento concentrado, y el 34% posee extractores automáticos de pezoneras. Respecto a la infraestructura para almacenamiento y tratamiento de efluentes, solo 14% de los tambos almacena y distribuye los efluentes, aunque la mayoría de los productores encuestados manifestó preocupación acerca de la problemática de los efluentes generados por la actividad.

Sombra para animales. La vaca lechera es sensible al estrés calórico, el cual genera disminución del consumo de alimentos y de la producción de leche (Flamenbaum y Gallon., 2010).

Tabla 3. Características generales de los tambos relevados: uso de la superficie, cantidad de vacas y producción de leche (n = 29)

Table 3. General characteristics of the dairy surveyed: surface use, number of cows and milk production (n = 29)

Variable	Promedio	Desvío standard	MAX ¹	MIN ²	Promedio Proyecto INDICES ³
Vacas ordeño (VO)	298	167	684	103	144
Vacas totales (VT)	351	191	774	126	180
Superficie VT (ha)	214	119	535	71	129
Superficie propia (%)	78	39	100	0	66
Producción por vaca (L VO ⁻¹ día ⁻¹)	24	3	29	18	19
Producción diaria total (L día ⁻¹)	7.143	4.227	16.384	2.782	2867
Producción anual (L ha ⁻¹ año ⁻¹)	12.230	3.782	21.926	6.054	7872
Superficie de alfalfa (%)	46	17	86	6	-
Superficie de maíz (%)	29	16	62	0	-
Superficie de verdeo invierno	25	12	52	7	-

¹ MAX: Valor máximo

² MIN: Valor mínimo

³ Promedio Proyecto INDICES, Baudracco et al, 2014

Tabla 4. Descripción de la infraestructura relevada en los tambos: instalación de ordeño, sombras, aguadas, callejones.

Table 4. Description of the infrastructure relieved in the dairy farms: milking installation, shadows, gouges, alleys.

Variable	Promedio	Desvío standard	MAX	MIN	Promedio Proyecto INDICES
Instalación de ordeño					
Antigüedad instalación (años)	21	14	55	1	24
Unidades de ordeño (n)	15	6	28	8	9
Antigüedad máquina de ordeñar (años)	9	7	30	1	11
Antigüedad del equipo de frío (años)	9	15	80	1	11
Capacidad del equipo de frío (L)	10.861	6.570	27.000	4.200	5.328
Sombras (dimensionamiento)					
Naturales (m ² VO ⁻¹)	1.8	1.2	4.8	0.2	2,5
Artificiales (m ² VO ⁻¹)	2.9	8.2	8.7	0.4	2
Aguadas					
Distancia promedio a aguada desde potrero (m) ¹	244	82	419	40	461
Relación superficie/aguadas (ha aguada ⁻¹)	19	9	42	8	34
Callejones					
Sitios dañados (cantidad) ²	2	1	4	0	3
Callejones en buen estado (%) ³	64	35	100	0	42
Callejones en estado regular (%) ³	28	30	83	0	42
Callejones en mal estado (%) ³	8	19	67	0	16
Infraestructura parto					
Dimensionamiento sombra (m ² Vaca ⁻¹)	7,8	13,8	26,7	0	5,8
Distancia casa-corrал de parto (m)	102	125	500	10	122

¹ Recorrido promedio de las vacas desde el centro del potrero hasta la aguada más cercana.

² Sectores con charcos de agua, desniveles pronunciados, pozos, etc.

³ Apreciación visual.

La provisión de sombras naturales o es imprescindible para mitigar los efectos del estrés calórico en regiones como la relevada en el presente estudio. El estrés calórico es una situación frecuente en la región relevada. El índice de temperatura y humedad (ITH) es un índice de confort del ganado lechero que se utiliza para monitorear las condiciones que causan estrés térmico combinando la humedad relativa del aire (HR%) y la temperatura del aire (T°), y se calcula como (Dikmen & Hansen 2009):

$$\text{ITH} = (1,8 \times T^{\circ} + 32) - (0,55 - 0,55 \times \text{HR}\% / 100) \times (1,8 \times T^{\circ} - 26).$$

La producción de leche y el consumo de alimentos disminuye cuando el ITH alcanza el valor de 72 (Cerqueira et al., 2016). En la región relevada, en los meses de verano se registran aproximadamente ocho horas diarias con valores de ITH superiores a 72.

En la Tabla 4 se observan detalles sobre la provisión de sombra natural y artificial en los tambos relevados. A pesar de que el 100% de los tambos cuenta con sombra natural, la sombra natural disponible es de 1,8 m² vaca⁻¹, lo cual es muy inferior al óptimo recomendado de 4 m² vaca⁻¹ (Veissier, 2018). Considerando ambos tipos de sombra, solo el 38% de los tambos posee niveles adecuados de sombra (4 m² vaca⁻¹) para mitigar los efectos del estrés calórico. El 34% de los tambos presenta valores menores a 2 m² vaca⁻¹. Estos resultados muestran que la cantidad de sombra disponible para los animales en la región noreste de la provincia de Buenos Aires es escasa, lo cual podría afectar el bienestar animal y la producción de leche en los meses calurosos. La disponibilidad de agua y comederos en los sectores de sombra también presenta carencias. La mitad de los tambos no tiene aguadas en el sector cercano a la sombra y solo un 38% tiene comederos en esa área.

Aguadas. Otro de los aspectos críticos detectados en el relevamiento fue la disponibilidad de agua de bebida para las vacas. En promedio los tambos tienen 1 aguada cada 19 (\pm 9) ha. La escasa disponibilidad de aguadas obliga a las vacas a caminar largas distancias para acceder al agua mientras se encuentran en pastoreo, con una consecuente disminución de consumo de agua y de alimentos. Las vacas en pastoreo no deberían caminar más de 200 m para acceder al agua; distancias mayores afectan el patrón de utilización de las pasturas y reducen la eficiencia de cosecha (Miglierina et al., 2018), disminuyendo su consumo y consecuentemente la producción animal. El resultado del relevamiento indica que las vacas deben caminar en promedio 244 (\pm 82) m desde el centro del potrero hasta la aguada, con distancias superiores a los 200 m en el 48% de los casos. Los valores son inferiores a los relevados por Baudracco et al. (2014), y podrían estar influyendo en las diferencias productivas transcriptas en la Tabla 3.

Callejones. El 64% de los callejones fue descrito como “buen estado”, el restante 36% en estado “regular o malo”. El 49% de los callejones se registró con pendiente adecuada, lo que favorece el escurrimiento de agua de lluvia y permite un secado más rápido de los mismos, evitando posibles problemas podales y permitiendo que las ubres lleguen más limpias al ordeño, reduciendo el tiempo empleado en la rutina de ordeño. El 51% fue descrito como plano o hundido, lo cual puede predisponer a problemas podales y de ubre (Lawrence et al., 2011).

Infraestructura de parto. En general, en este aspecto los tambos relevados poseen características acordes a las condiciones a tener en cuenta desde los momentos previos al parto, permitiendo buen acceso y disponibilidad de agua y alimento, sombra y cercanía entre la casa del responsable y el sector de parto. El 93% de los tambos relevados cuenta con un sector especial para la atención de partos y el 96% posee sombra en el corral de partos. Tienen aguadas que funcionan el 96% y el estado del piso en el 71% de los corrales

de parto relevados es bueno. El 75% de los tambos maneja un tiempo de permanencia de la vaca con el ternero de entre medio día a un día.

Las Tablas 3 y 4 en sus últimas columnas, describen datos obtenidos por Baudracco et al. (2014) de un relevamiento de 162 tambos en su mayoría (154) de las Provincias de Córdoba y Santa Fe (Baudracco et al., 2014), donde los tambos en promedios son de menor escala, pero se observan limitantes similares, tal es el caso de la antigüedad de las instalaciones y máquina de ordeños, menores problemas de sombra, pero la distancias a recorrer para la disponibilidad de agua y la relación superficie VT y aguada son limitantes de importancia, sobre todo en zonas relevadas donde las condiciones climáticas inciden fuertemente con situaciones de estrés térmico.

Manejo y tecnología aplicada

Crianza de terneros. El porcentaje de mortandad de terneros en la crianza (desde nacimiento hasta los 60 días) fue de 7,9%, lo cual es inferior a la mortandad promedio de los tambos relevados de Argentina, aproximadamente 11,5% (INTA, 2018), pero superior a valores reportados en otros países, tales como Suecia, Estados Unidos y Dinamarca (Torsein, 2011). La alta mortandad de terneros es una causa importante de pérdida económica en la producción lechera (Mee, 2008). Los tambos argentinos tienen dificultad para crecer en cantidad de vacas, más aún, el stock nacional lechero decreció en los últimos años (OCLA, 2018). Una de las razones por las cuales se dificulta el crecimiento del stock de ganado lechero argentino es el alto porcentaje de mortandad durante el periodo de crianza. La evidencia de relevamientos exhaustivos previos en tambos muestra que la alta mortandad se debe principalmente a falencias en el proceso de calostrado, la falta de infraestructura y la falta de capacitación del personal a cargo (Baudracco et al., 2014).

En un 61% de los tambos relevados se utiliza un sistema de crianza individual de terneros. En el 36% de los casos los terneros se crían en forma individual, con el ternero atado con cadena a un alambre, sujeta al piso, de cuatro metros de largo, lo que le permite mayor desplazamiento. En un 3% de los casos relevados se crían terneros en forma grupal o crianza colectiva, sin cadenas. En promedio se ofrecen 4,3 L de leche diarios por ternero durante los 60 días de crianza en los tambos relevados.

Ordeño. Una rutina de ordeño completa debe incluir los procesos secuenciales que permitan minimizar las infecciones intramamarias, evitar la contaminación de la leche y lograr que el personal se encuentre cómodo con su trabajo. Además, la instalación se debe adaptar para disminuir el impacto del estrés calórico en los animales (Chang-Fung-Martel et al., 2017). Para lograr estos objetivos, el correcto dimensionamiento de la máquina de ordeño en relación a la cantidad de vacas y la funcionalidad de las instalaciones son fundamentales. El tiempo de ordeño depende, entre otros factores, del dimensionamiento de la máquina (cantidad de vacas por unidad de ordeño) y del diseño de la instalación de ordeño. Es necesario contar con una relación de 12 VO por cada unidad de ordeño para lograr un trabajo rápido, en menos de 2 horas, para permitir a los operarios que trabajen con motivación y eficiencia (Jago & Burke, 2010). En los tambos relevados, el tiempo de ordeño completo excede los valores recomendados de 2 horas, siendo de 3,3 horas por ordeño, lo que puede impactar

negativamente sobre el bienestar animal y la atención y motivación de los operarios durante el ordeño. A su vez, en comparación a los niveles de eficiencia de mano de obra logrados en otros países, los datos relevados muestran baja eficiencia de la mano de obra, con una persona cada $5 (\pm 2)$ unidades de ordeño y $104 (\pm 43,2)$ vacas por persona, para realizar la tarea de ordeño. La relación entre la cantidad de vacas y el total de operarios en el tambo dedicados al ordeño, crianza, alimentación y parto es de 55,2 vacas por persona, valor superior al reportado en una reciente encuesta lechera argentina (INTA, 2018), pero bajo comparado con países eficientes, tales como Nueva Zelanda, donde se registran valores superiores a las 150 vacas por persona (Clark et al., 2007). Respecto a la rutina de ordeño, en el 59% de los tambos se realiza lavado de pezones en las vacas previo al ordeño, y de estos, el 62% procede luego a secarlos (el 38% no los seca). En todos los casos se observó que se realiza “despunte” (eliminación manual de los primeros chorros de leche) previo al ordeño, y en el 62 % de los casos se realiza sellado de los pezones post ordeño. Se relevó que en el 83% de los tambos se realiza un servicio de mantenimiento programado de la máquina de ordeño; sin embargo, en un 35% de los casos, este servicio se hace después de al menos un año o solo cuando hay algún problema, lo cual es inadecuado, debido a que se sugiere hacerlo con una frecuencia de 6 meses o menos.

Reproducción. En los establecimientos relevados el promedio de edad al primer parto fue de $29,6 (\pm 3,5)$ meses, sin embargo, el valor mínimo fue de 24,5 meses, lo que demuestra que es posible hacer más eficiente la cría de hembras. En todos los tambos relevados se realiza inseminación artificial y en más del 86% se utiliza algún método de ayuda para la detección de celo (pinturas o parches). En cuanto al personal, el 71% aprendió a inseminar por medio de algún curso de capacitación, mientras que el 29% restante aprendió de una manera informal.

Cultivo de alfalfa. Dada la importancia de este cultivo en la cadena forrajera de los tambos relevados, es fundamental que el manejo de esta pastura sea el adecuado para maximizar su producción y aprovechamiento. Se relevó que el 100% de los tambos utilizó herbicidas de presiembrado, importantes para garantizar mejores condiciones de competencia al momento de la implantación, y el 64% utilizó gramínicos. Solo en el 39% de los tambos se hizo análisis de suelo para evaluar su fertilidad antes de la siembra. Pese a esto, en todos los tambos se fertilizan las pasturas de alfalfa, con valores promedio de $94 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de fertilizante total (fosfato diamónico y superfosfato triple), valor superior al promedio de fertilización aplicado en Argentina ($53 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; World Bank 2015), pero bajo en relación a las necesidades del cultivo en los suelos relevados. El bajo porcentaje de casos en los que se realiza muestras de suelo indica un bajo grado de profesionalización en la toma de decisiones sobre fertilización. Debido a que solo en el 39% de los tambos se analiza el suelo antes de implantar pasturas de alfalfa, se deduce que el desconocimiento del nivel nutricional del suelo limita la productividad de los forrajes y la productividad de leche en los tambos relevados. El incremento de la fertilización permitiría incrementar la producción de forrajes en la región bajo estudio. Más aun, un estudio sobre cambio climático en dicha región reportó que se espera un incremento de las precipitaciones para las próximas décadas (Urcola et al., 2018), lo que haría aún más conveniente la fertilización de pasturas y cultivos, por mayor disponibilidad de agua.

Cultivo de maíz para silaje. En el cultivo de maíz, los niveles de fertilización realizados son elevados, con 214 kg ha⁻¹ de fertilizante promedio anual (fosfato diamónico, urea y UAN), pero solo se realiza análisis del suelo previo a la implantación del cultivo en el 41% de los casos.

Cultivo de invierno. Los cultivos de invierno más utilizados son raigrás anual (*Lolium multiflorum*) y avena (*Avena sativa*), en el 90% y 41% de los tambos, respectivamente. Estos cultivos son utilizados principalmente para pastoreo directo, y eventualmente para la confección de reservas. Todos los cultivos de invierno se fertilizan con 160 kg ha⁻¹ de fertilizante promedio al año (fosfato diamónico y urea).

Alimentación de las vacas en ordeño. En el 86% de los tambos relevados se ofrece agua dentro del sector de alimentación. Los comederos para ofrecer alimento fuera de la sala de ordeño se observaron sanos y limpios en un 71% de los casos. En el 29% de los comederos se observó presencia de restos de alimentos, y en el 13% de los casos esos residuos tenían mal olor, lo que podría influir en el consumo de alimentos (Favreau-Peigné et al., 2013).

Litros libres de alimentación. En promedio de los tambos se obtuvieron 6.957 LLA ha⁻¹ año⁻¹ (superior a los 5.934 LLA ha⁻¹ año⁻¹ reportados por un relevamiento realizado por Centeno (2018) en la cuenca Abasto Sur), lo que representa el 56,4% de los 12.330 L ha⁻¹ año⁻¹ (productividad promedio). El desvío standard de la variable LLA ha⁻¹ año⁻¹ fue de 2.096, el máximo de 11.903 y el mínimo de 3.578.

Recursos naturales

Los datos obtenidos de los análisis de agua y suelo realizados en el relevamiento se muestran en la Tabla 5.

Calidad de agua de bebida para ganado. El contenido de nitrato promedio relevado fue de 55 (± 18) mg kg⁻¹, superior al óptimo recomendado para el consumo animal, lo que podría comprometer la producción de leche y la reproducción de los animales (NRC, 2001). El resto de los parámetros evaluados presentó valores promedio considerados aptos para consumo de animales.

Calidad de suelo. Los resultados reflejaron niveles críticos de fósforo en el suelo, con un valor promedio de 9,3 (± 6) mg kg⁻¹, a diferencia de lo relevado por Baudracco et al. (2014) en Santa Fe y Córdoba, donde los promedios son muy elevados (43 (± 25,8) mg kg⁻¹). Para el cultivo de alfalfa se requieren suelos con más de 25 mg kg⁻¹ de fósforo, materia orgánica mayores al 3% y pH cercanos a la neutralidad (Berone et al., 2017). Junto con el fósforo, el azufre constituye un elemento de gran importancia en la formación de las proteínas de la pastura y su oferta en el suelo guarda relación con los niveles de producción de materia seca. El nivel de sulfatos detectado fue en promedio de 11,7 (± 2,5) mg kg⁻¹, y en el 30% de los casos entre 7,9 y 9,8 mg kg⁻¹, por debajo de los 20 mg kg⁻¹ recomendados (Vivas, 2006). El 72% de los suelos mostró un elevado contenido de materia orgánica, entre 3,2 y 6,0%. El pH promedio fue de 6,6, lo que representa un valor aceptable, ya que está dentro del rango de 6,5 a 7,5 en el que se encuentran los valores apropiados para el crecimiento de la mayoría de los cultivos (Sainz Rozas et al., 2011).

Tabla 5. Calidad de suelo y calidad de agua en los tambos relevados.**Table 5.** Soil quality and water quality in the surveyed dairy farms

Variable	Promedio	Desvío standard	MAX¹	MIN²
Agua				
pH	7,4	0,2	7,5	7,0
Bicarbonatos (CO ₃ H ⁻) (mg kg ⁻¹)	543	133	757	347
Carbonatos (CO ₃ H ⁻) (mg kg ⁻¹)	463	411	665	163
Sulfatos (SO ₄ ⁼) (mg kg ⁻¹)	31	72	164	4
Cloruros (CL ⁻) (mg kg ⁻¹)	89	204	456	17
Nitratos (NO ₃ ⁻) (mg kg ⁻¹)	55	18	78	24
Sodio (Na ⁺) (mg kg ⁻¹)	61	11	70	48
Total de sales (mg kg ⁻¹)	837	353	1679	521
Residuos sólidos (mg kg ⁻¹)	1068	421	1732	445
Suelo				
Materia orgánica (%)	3,8	0,8	6,0	2,8
Nitrógeno de nitratos (mg kg ⁻¹)	18,1	4,8	31,6	10,5
pH en agua (1:2,5)	6,6	0,7	7,8	5,4
Fósforo (mg kg ⁻¹)	9,3	6,0	30,0	1,9
Sulfatos (mg kg ⁻¹)	11,7	2,5	17,0	7,9

Índices

En la metodología descrita por Baudracco et al. (2014) son considerados críticos y limitantes aquellos aspectos cuyos índices resultaron con valores menores a 4, aceptables cuyo rango de valores es mayor a 4 y menor a 7, y óptimos a los aspectos con índices mayores a 7.

Los valores de los índices promedio de los tambos de cada variable se muestran en el Gráfico 1. Se observa que todos se sitúan en los rangos entre aceptables, óptimos o muy cercanos al óptimo. Sin embargo, en base a los resultados obtenidos, se puede inferir que en los tambos relevados existen limitantes de infraestructura, manejo tecnológico y en recursos naturales. Aquellos que más se alejan del óptimo en orden decreciente son: sombra, calidad de suelo, instalaciones de ordeño, aguadas de bebida, manejo de maíz, alimentación de la vaca en ordeño, manejo de alfalfa, crianza de terneros y ordeño. Estos resultados son mejores a los obtenidos en el grupo de tambos en la cuenca de Santa Fe y Córdoba relevados por Baudracco et al. (2014) ya mencionado. En cuanto a calidad de agua, callejones, reproducción e infraestructura de parto, tuvieron índices elevados, indicando que no serían un problema en los tambos relevados.

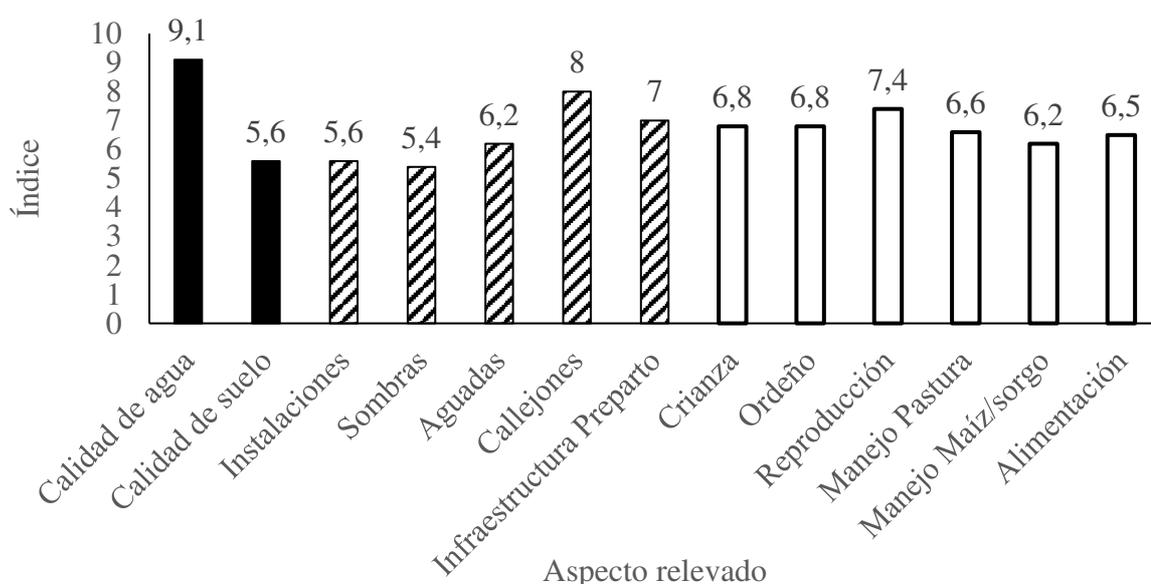


Gráfico 1. Valores de índices promedios de cada aspecto relevado del total de los tambos.

Gráfico 1. Average index values of each aspect surveyed from the total of dairy farms.

Si se observan los valores del promedio de cada grupo de aspectos relevados que componen Infraestructura, nivel de manejo tecnológico y recursos naturales, los resultados son valores considerados aceptables en los dos primeros índices compuestos y óptimo en el tercero (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados obtenidos de promedios de cada índice compuesto.

Table 6. Results obtained from averages of each composite index.

Aspectos relevados	Infraestructura	Manejo y nivel tecnológico	Recursos naturales
Índice promedio	6,2	6,7	7,3

El índice compuesto de infraestructura fue la que obtuvo el promedio mas lejano al óptimo. Para profundizar el análisis se relacionó cada valor de índice de cada tambo con medidas de eficiencia obtenidas en cada tambo relevado. Los resultados se muestran en la Tabla 7 y permiten observar una correlación débil con los litros libres de alimentación (LLA), medida relacionada con el resultado económico. Con las medidas de eficiencia restantes los resultados fueron de correlatividad muy débil. Estos resultados permiten inferir que el resultado económico podría mejorar si se mejoran las condiciones de infraestructura relevadas en este trabajo.

Tabla 7. Coeficientes de correlación entre índice compuesto de infraestructura y medidas de eficiencia.
Table 7. Correlation coefficients between infrastructure composite index and efficiency measures

	Carga animal (VT haVT ⁻¹)	Litros libres de alimentación	Producción individual diaria (L VO día⁻¹)	Productividad (L haVT año ⁻¹)
Infraestructura	0,14	0,46	0,14	0,29

Estratificación de tambos.

Para interpretar relaciones entre niveles de producción y resultados provenientes del relevamiento, se realizó una estratificación de tambos dividiéndolos en tercios, de tal forma que se determinaron tambos chicos, medianos y grandes. En la Tabla 8 se describen los datos generales de la estratificación.

Se observa que la mayor producción diaria de los tambos grandes se debe a una mayor carga animal y a su mayor producción individual, a diferencia de los medianos que, si bien tienen una carga animal similar, sus producciones individuales son inferiores al promedio general de todos los tambos. Razones similares concluyeron Baudracco et al. (2014) en cuanto a la diferencia de producción de los tambos grandes (de valores inferiores a este trabajo) comparados con los medianos y chicos.

Tabla 8. Datos generales de promedios de todos los tambos relevados y de los tambos estratificación por su nivel de producción diaria.

Table 8. General data of averages of all the dairy farms surveyed and of the dairy farms stratified by their level of daily production.

Datos Generales	Promedio	Chico	Mediano	Grande
Producción diaria L día ⁻¹	7.143	3382	6159	12414
Vacas en ordeño	298	145	264	505
Carga animal VT haVT ⁻¹	1,64	1,55	1,68	1,70
Producción individual L VO día ⁻¹	23,9	23,7	23,4	24,6

En la Tabla 9, se puede observar el resultado de los promedios de los distintos tambos estratificados en relación a las variables de infraestructura relevadas. Todos los estratos evidenciaron instalaciones de ordeño antiguas y falta de renovación de máquinas de ordeño. A la falta de inversión antes mencionada, se observa que los tambos grandes y medianos presentaron limitantes más acentuadas, debido a un crecimiento asincrónico entre los niveles de producción, carga animal y la adaptación de la infraestructura para tal fin. La capacidad de almacenamiento de los equipos de frío es baja y las variables inherentes al confort animal (sala de ordeño y corral de espera) son similares en general para los distintos niveles de producción y mejorables en todas ellas como es el caso del bajo porcentaje de ventiladores en el corral de espera y sala de ordeño. La sombra natural es limitante para todos los estratos, mayormente en los tambos medianos y aún mas en los grandes. Las variables de estado de callejones y aguadas son de resultados similares al promedio general de los tambos.

Tabla 9. Resultados promedios de las variables relevadas infraestructura y ordeño de todos los tambos y de los tambos estratificados por su nivel de producción diaria.

Table 9. Average results of the infrastructure and milking variables surveyed for all dairy farms and for dairy farms stratification by their level of daily production.

Variable infraestructura	Promedio	Chico	Mediano	Grande
Instalación de ordeño				
Antigüedad de instalación	21	22	23	18
Antigüedad de la máquina de ordeñar	9	7	12	8
Capacidad de equipo de frío	1,57	1,71	1,52	1,48
Cantidad de unidades de ordeño	15	10	13	21
Presencia de sombra en corral de espera (%)	90%	90%	90%	90%
Presencia de aspersores en corral de espera (%)	52%	40%	60%	56%
Presencia de ventiladores en corral de espera (%)	20%	30%	20%	10%
Retirador automático de pezoneras (%)	34%	30%	20%	56%
Presencia de ventiladores en sala de ordeño (%)	34%	40%	30%	30%
Sombras				
Dimensión de sombra natural	1,8	2,8	1,4	1,1
Dimensión de sombra artificial	3,2	3,7	3	3
Aguadas				
Distancia desde aguada a centro del potrero	244	249	269	209
Relación superficie y aguadas	19	18	20	20
Callejones				
Sitios dañados en callejones	2	1,5	2,2	1,8
Callejones en buen estado	64%	64%	62%	65%
Variable ordeño				
Carga de instalación de ordeño (VO unidad de ordeño ⁻¹)	20	15	20	25

En el manejo tecnológico, no se observaron diferencias en manejo de la crianza de terneros. La carga de instalación de ordeño como el tiempo de ordeño son muy elevados en los tambos medianos y excesivos en los grandes. Incluso valores muy superiores a los relevados por Baudracco et al. (2014) en Santa Fe y Córdoba.

Como se mencionó con anterioridad los valores de edad a primer parto son mejorables y no se observan diferencias en la estratificación planteada. Entre el 80% y 90 % de los tambos utilizan métodos para la ayuda de la detección de celos y el 100% insemina, aunque el 50% de los tambos chicos utiliza toro de repaso, el 30% de los medianos y ningún tambo de los estratificados grandes. Los tambos grandes cuentan con 2 personas que saben inseminar, aunque en los medianos y chicos los valores son satisfactorios (1,70 y 1,78 personas, respectivamente).

La carencia de análisis de suelos previos a la siembra de maíz y de pasturas es acentuada en los tambos medianos y chicos, donde entre el 70 y 90% no hacen diagnóstico de fertilidad. En cambio, en los tambos grandes el valor es de 33%. En igual sentido se registró que en los tambos grandes el 56 % realiza barbecho previo a la siembra que excede los 30 días, cuando en los tambos medianos a chicos esa variable se extiende entre el 30% al 40%. Por otro lado, los tambos grandes y medianos, utilizan una mayor proporción de pasturas (51 y 49% respectivamente) del total de la superficie utilizada por las vacas totales a diferencia de los tambos chicos cuya proporción está en el 36%. Estos aspectos de manejo tecnológico de pasturas y cultivos podrían impactar tanto en la calidad y cantidad de forraje, como en los costos de los mismos y pueden estar limitando el potencial productivo de los tambos chicos y en menor grado en los medianos.

Respecto a los recursos naturales no se observaron diferencias entre la estratificación considerada en este trabajo.

Análisis de correlaciones.

Los resultados del análisis de correlación se muestran en la Tabla 10. Si bien se evaluaron las correlaciones entre todas las variables, solo se presentan aquellas en correlación significativa con la variable Litros libres de Alimentación (LLA) ya que como se mencionó anteriormente según Adduci et al. (2015) está fuertemente relacionada a la eficiencia alimenticia y al resultado económico en los tambos. Además, se presentan correlaciones relacionadas con la escala de los tambos como es el caso de la cantidad de vacas en ordeño (VO) y el caso de la superficie vaca total (VT).

En la Tabla 10 se observa que a medida que se incrementó la cantidad de VO por tambo, se incrementó la cantidad de VO por unidad de ordeño ($r = 0,662$) y el tiempo de ordeño ($r = 0,785$), lo que indica que los tambos con mayor cantidad de vacas tienen menor infraestructura de ordeño por VO y eso incrementa la demanda laboral, extendiendo el tiempo de ordeño. La cantidad de VO por persona ($r = 0,782$) se incrementó con la cantidad de VO por tambo, lo que sugiere mayor productividad de la mano de obra en tambos más grandes.

Otra variable de infraestructura, como la sombra natural ($m^2 VO^{-1}$), presentó correlación significativa con LLA ha^{-1} , (0,603), indicando que los tambos con más disponibilidad de sombra tendrían mejor resultado económico.

Tabla 10. Correlaciones entre variables relevadas en los 29 tambos.**Table 10.** Correlations between the variables surveyed in the 29 dairy farms

Variable (1)	Variable (2)	n	Correlación de Pearson	Valor-p
Cantidad de VO	Cantidad de VO unidades de ordeño ⁻¹	29	0.662**	0.001
Cantidad de VO	Cantidad de VO persona ⁻¹	29	0.782**	0.001
Cantidad de VO	Duración del ordeño (horas)	29	0.785**	0.001
Cantidad de VO	LLA ha ⁻¹	17	0.216	0.405
LLA ha ⁻¹	Superficie VT (ha)	17	0.195	0.454
LLA ha ⁻¹	Carga animal (VT ha ⁻¹)	17	0.499*	0.041
LLA ha ⁻¹	Productividad anual (L ha ⁻¹ año ⁻¹)	17	0.954**	0.002
LLA ha ⁻¹	Producción por vaca, (l VO ⁻¹ día ⁻¹)	17	0.582**	0.014
LLA ha ⁻¹	Fertilización en maíz (kg ha de maíz ⁻¹)	17	0.580*	0.019
LLA ha ⁻¹	Sombra natural (m ² VO)	17	0.603**	0.010
LLA ha-1	Callejones estado Regular	17	-0.519*	0.033

LLA: litros libres de alimentación

** y * Indican p-valores menores a 0,01 y 0,05, respectivamente.

Lo mismo ocurrió con el estado regular de callejones cuya correlación fue negativa (nivel p-valores menores al 0,05) con los LLA ha⁻¹ (-0.519), indicando influencia negativa de la infraestructura en la eficiencia económica. Se infiere, a partir del análisis de correlaciones, que los tambos que incrementaron la productividad a partir del incremento de la cantidad de vacas, aumentando el tamaño de los rodeos, no incrementaron en similar medida su infraestructura.

La variable cantidad de fertilizante utilizado en el cultivo de maíz, podría reflejar la incidencia de la intensificación en el resultado económico al presentar una correlación positiva de 0.580 con un valor p menor a 0.05.

El tamaño de los tambos, medido desde la superficie VT o cantidad de VO no afectó el resultado económico medido a través de LLA ha⁻¹ (Tabla 11), lo que sugiere que no existió un efecto de escala sobre el resultado económico. La carga animal (VT ha⁻¹), la productividad (L ha⁻¹ año⁻¹) y la producción individual (L VO⁻¹ día⁻¹), estuvieron positivamente relacionados al resultado económico (LLA ha⁻¹), con coeficientes de correlación de 0,499, 0,954 y 0,582, respectivamente.

Análisis de regresión múltiple.

Se procedió a utilizar el método “step-wise” de regresión múltiple para detectar aquellas variables relevadas de infraestructura, manejo y tecnología y recursos naturales que permitan explicar en mayor medida la productividad (Litros haVT año⁻¹), producción individual diaria (litros VO día⁻¹) y litros libres de alimentación por ha VT⁻¹.

Tabla 11. Parámetros predictores y porcentaje de incidencia en indicadores de eficiencia de los tambos relevados.

Table 11. Predictive parameters and percentage of incidence in efficiency indicators of the dairy farms.

Indicador de eficiencia	Parámetro predictor	% de incidencia (R²)
Litros VO día ⁻¹	Carga animal (VT ha VT ⁻¹)	31,1%
	Distancia de bebidas (aguadas) al tambo	42,6%
	Callejones	55,4%
Litros ha VT año ⁻¹	Carga animal (VT ha VT ⁻¹)	87,8%
Litros libres de alimentación haVT año ⁻¹	Carga animal (VT ha VT ⁻¹)	91,9%

En la Tabla 11 se observa la fuerte incidencia de la carga animal en indicadores de eficiencia de los sistemas pastoriles con suplementación relevados, destacándose en mayor medida la productividad por hectárea y el indicador de eficiencia económica, litros libres de alimentación. Se puede inferir que ello se debe a la dependencia de ambas variables de la utilización de superficie de suelo, tanto para la producción en cantidad y calidad de alimento, como también en la eficiencia de su aprovechamiento en el pastoreo directo. Por estas razones es de esperar el resultado observado al analizar la producción individual, ya que, en este, las condiciones de infraestructura tienen una incidencia directa sobre los animales, como es el caso de la distancia que deben recorrer a la salida del tambo para beber agua y el estado de los callejones, ambos relacionados con las condiciones de bienestar tan importantes en planteos pastoriles.

Implicancias del estudio.

Si bien se observó un alto grado de asesoramiento agronómico y veterinario en los tambos relevados, se encontraron en estado crítico aspectos esenciales para la producción de leche. Posiblemente, la mejora de las variables detectadas en estado crítico podría incrementar la producción de leche, mejorar la sustentabilidad y rentabilidad del negocio. El diagnóstico y la información resultantes del presente estudio son herramientas útiles para definir proyectos de inversión conducentes a incrementar la productividad y la eficiencia productiva y económica de los tambos. La metodología de relevamiento presentada podría ser de utilidad para diagnosticar limitantes en otras regiones lecheras de América del Sur.

CONCLUSIONES

Los principales aspectos críticos detectados en los tambos fueron: provisión de agua de bebida y sombras insuficientes, instalaciones de ordeño antiguas y subdimensionadas respecto al número de animales, lo que deriva en un exceso de horas de trabajo y puede impactar negativamente sobre el bienestar animal y la motivación de los operarios. También se detectó la carencia de nutrientes de suelo y falta de diagnóstico para

mejorar fertilidad de los suelos. En general, se observó que los tambos relevados se encuentran alejadas de su estado óptimo en aspectos de infraestructura, estado de los suelos y el manejo general. El conjunto de aspectos relevados en infraestructura esta correlacionado débilmente al resultado económico. Las inversiones tendientes a superar las limitantes detectadas podrían permitir incrementos en la producción de leche y mejorar la sustentabilidad y rentabilidad del negocio lechero.

Al considerar distintos niveles de producción diaria, estas limitantes en infraestructura son mayores en los tambos más grandes, aunque se destacan algunos aspectos referidos a un mejor manejo tecnológico. En los tambos chicos, las limitantes en el manejo tecnológico podrían impedir el aumento de la carga animal y de esta forma el incremento de su nivel productivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adduci, F.; C. Labella; M. Musto; C. D'Adamo & P. Freschi (2015). Use of technical and economic parameters for evaluating cow ration efficiency. *Italian Journal of Agronomy* 10: 202–207.
- Bareille, N.; F. Beaudeau; S. Billon; A. Robert & P. Faverdin (2003). Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows. *Livestock Production Science* 83:53-56.
- Baudracco, J.; J. Maiztegui; J. Jáuregui; B. Lazzarini; R. Gagliardi y A. Rosset (2017). Productividad, resultado económico y riesgo de sistemas lecheros en el Centro-Norte de Argentina. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences* 72:454-466.
- Baudracco, J.; B. Lazzarini; A. Rosset; J. Jáuregui; D. Braida y J. Maiztegui (2014). Cuantificación de limitantes productivas en tambos de Argentina. Reporte Final Proyecto INDICES. Disponible en <http://www.infortambo.com/admin/upload/arch/proyecto%20indices.pdf> (Consulta: 25 mayo 2018).
- Berone, G.; E. Dinucci; H. Fernandez; L. Gastaldi; J. Mattera y M. Spada (2017). Calibración y validación de un modelo de crecimiento para alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Revista de Investigación Agropecuaria* 43:256-265.
- Centeno, A. (2018). “Compará tu tambo” Hoja de información técnica. INTA UEEA San Francisco. Abril de 2018, HIT N°64. ISSN: 2250-8546. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_hit_64_compara_tu_tambo.pdf
- Cerqueira, J.; J. Araújo; I. Blanco-Penedo; J. Cantalapiedra; A. Silvestre y S. Silva (2016). Predicción de estrés térmico en vacas lecheras mediante indicadores ambientales y fisiológicos. *Archivos de Zootecnia* 65:357- 364. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v65i251.697>.
- Chang-Fung-Martel, J.; M. Harrison; R. Rawnsley; A. Smith & H. Meinke. (2017). The impact of extreme climatic events on pasture-based dairy systems: a review. *Crop and Pasture Science* 68:1158-1169.
- Chesterton, R.; D. Pfeiffer; R. Morris & C. Tanner (1989). Environmental and behavioural factors affecting the prevalence of foot lameness in New Zealand dairy herds: a case-control study. *New Zealand Veterinary Journal* 37:135-142.

- Chimicz, J., y E. Gambuzzi (2007). Recientes cambios y posibles rumbos tecnológicos del tambo argentino. *Revista Argentina de Producción Animal* 27:322-323.
- Clark, D.; J. Caradus; R. Monaghan; P. Sharp & B. Thorrold (2007). Issues and options for future dairy farming in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 50:203-221.
- Dikmen, S. & P. Hansen (2009). Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science* 92:109-116
- Favreau-Peigné, A.; R. Baumont & C. Ginane (2013). Food sensory characteristics: their unconsidered roles in the feeding behavior of domestic ruminants. *Animal* 7:806-813.
- Flamenbaum, I. & N. Gallon (2010). Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel. *Journal of Reproduction and Development* 56:36-41.
- IBM SPSS. (2011). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- INALE 2018. Remisión a Planta INALE Uruguay (2018). Disponible en <http://www.inale.org/innovaportal/v/1963/4/innova.front/remisiona-planta.html> (Consulta: 30 setiembre 2018).
- INTA (2018). Informe de Lechería Pampeana del ejercicio 2016/2017. Disponible en <https://inta.gov.ar/documentos/lecheria-pampeana-resultados-productivos-ejercicio-2016-2017> (Consulta 30 setiembre 2018).
- Jackson, M. (1982). Análisis químico de suelos. Omega, Barcelona, España.
- Jago, J. & J. Burke (2010). Shorter milking times. p. 132-148. In Proceedings of the South Island Dairy Event (SIDE) Conference, Invercargill, New Zealand.
- Khan, M.; D. Weary & M. Von Keyserlingk (2011). Invited review: effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 94:1071-1081.
- Lazzarini, B.; J. Baudracco; E. Demarchi y D. Lovino (2013). Baja respuesta al uso de suplementos en vacas lecheras: 8 años de información. *Revista Argentina de Producción Animal*.
- Lazzarini, B.; J. Baudracco; E. Demarchi; D. Lovino y J. Jáuregui (2014). Evolución de la suplementación, el consumo de pastura y la producción de leche en sistemas lecheros de Argentina. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 13:73-78.
- Lazzarini, B.; J. Baudracco; G. Tuñón; L. Gastaldi; N. Lyons; H. Quattrochi & N. Lopez- Villalobos (2019). Review: Milk production from dairy cows in Argentina: Current state and perspectives for the future. *Applied Animal Science* 35:426-432.
- Lawrence, K.; R. Chesterton & R. Laven (2011). Further investigation of lameness in cows at pasture: an analysis of the lesions found in, and some possible risk factors associated with, lame New Zealand dairy cattle requiring veterinary treatment. *Journal of Dairy Science* 94:2794-805
- LIC & DairyNZ (2018). New Zealand Dairy Statistics 2017–18. Livestock Improvement Corporation (LIC) and Dairy NZ, Hamilton, New Zealand. Available at <https://www.dairynz.co.nz/media/5790451/nz-dairystatistics-2017-18.pdf> (Accessed 8 Nov. 2018).

- World Bank (2015). Fertilizer consumption. Available at <https://data.worldbank.org> (Accessed 2 Nov. 2018).
- Mee, J. (2008). Newborn dairy calf management. *Vet Clinic North America Food Animal Practice* 24:1-17.
- Miglierina, M.; N. Bonadeo; A. Ornstein; D. Becú-Villalobos & I. Lacau-Mengido (2018). In situ provision of drinking water to grazing dairy cows improves milk production. *New Zealand Veterinary Journal* 66:37-40.
- NRC (2001). National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington DC, USA.
- OCLA (2018). Observatorio de la Cadena Láctea Argentina. Disponible en <http://www.ocla.org.ar> (Consulta 30 setiembre 2018).
- Sainz Rozas, H.; H. Echeverria y H. Angelini (2011). Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de las regiones Pampeana y Extra Pampeana argentina. *Ciencia del Suelo* 29:29-37.
- Sainz Rozas, H.; H. Echeverria y H. Angelini. (2012). Fósforo disponible en suelos agrícolas de la región Pampeana y Extra Pampeana argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 38:33-39.
- SENASA (2018). Distribución de existencias bovinas por departamento. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/senasa/mercados-yestadisticas/estadisticas/animal-estadisticas/bovinos/bovinos-y-bubalinos-sector-primario> (Consulta 3 marzo 2018).
- SPSS (1999). SPSS computer software. Chicago: SPSS, Inc.
- Torsein, M.; A. Lindberg; C. Sandgren; K. Waller; M. Tornquist & C. Svensson (2011). Risk factors for calf mortality in large Swedish dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine* 99:136-147.
- Urcola, H.; J. Burges; L. Gouarderes & S. Solman (2018). Climate change and cattle production: An evaluation for southeastern Buenos Aires, Argentina. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences* 34:254-465.
- Veissier, I.; E. Van Laer; R. Palme; C. Moons; B. Ampe & B. Sonck, et al. (2018). Heat stress in cows at pasture and benefit of shade in a temperate climate region. *International Journal of Biometeorology* 62:585-595.
- Vivas, H. (2006). Estrategias para la fertilización azufrada de alfalfa en un suelo del centro de Santa Fé. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 30:12-15. Disponible en <http://www.ipni.net/publication/ia-lacs>. (Consulta 30 septiembre 2018)

Capítulo 4

Estrategias de intensificación en sistemas lecheros pastoriles: resultados productivos, económicos y evaluación de riesgo

INTRODUCCIÓN

Se espera que la demanda de productos lácteos crezca durante los próximos 50 años debido a un incremento en el ingreso económico per cápita a nivel mundial (Britt et al 2018). Para satisfacer una demanda creciente de productos lácteos, la producción de leche en el mundo se ha intensificado y continúa intensificándose, a distinto ritmo en diversos países. Se ha definido a la intensificación como el aumento de producción por unidad de superficie, considerando a la tierra como el factor más limitante para la producción agrícola (Donald et al., 2001). También se ha expresado a la intensificación como el incremento de producción agropecuaria por unidad de otros insumos tales como trabajo, fertilizantes, semillas, animales o dinero (MacLeod y Moller 2006; Moller et al. 2008).

El proceso de intensificación generó un incremento exponencial en la producción mundial de lácteos, de 108% desde 1961 a 2017 (FAO 2019). La intensificación de la producción lechera en el mundo se produjo a partir del aumento de la carga animal (vacas por unidad de superficie) y de la mayor producción de leche por vaca (Caviglia-Harris, 2005). Esta mayor productividad fue acompañada por un incremento en la cantidad de insumos utilizados, tales como alimentos concentrados y voluminosos, fertilizantes y agua de riego (Foote, et al. 2015).

Como fue expresado en el Capítulo 2, como consecuencia de los procesos de intensificación, en la gran mayoría de los países productores de leche se observa una tendencia al incremento de la producción de leche por unidad de superficie (Hemme, 2017). En Australia, la alternativa más común para la intensificación en los sistemas lecheros ha sido el mayor uso de alimentos comprados fuera del sistema, particularmente de alimentos concentrados (García y Fulkerson, 2005). En Uruguay, se registró un incremento de 16% en la cantidad de vacas y una disminución de 14% en el uso de tierra por tambo, entre 2007 y 2014 (INALE, 2018; 2018b y 2019), afirmando Chilibroste (2015), como ya se comentó en el mismo capítulo, que la intensificación se basó tanto en aumentos de carga animal como en la producción individual y mejoras en la eficiencia productiva del rodeo vinculada a una mejor eficiencia de utilización y conversión de los alimentos utilizados.

En las últimas tres décadas, la lechería de Nueva Zelanda ha tenido una gran expansión impulsada por un aumento de 54% en la cantidad de vacas y 31% en la producción de leche por vaca (DairyNZ 2015).

En Argentina aún existe un potencial muy alto para intensificar la producción de leche, a partir del incremento en la carga animal (Baudracco et al., 2011), actualmente 1,4vacas/ha (Lazzarini et al., 2019), la cual es baja en comparación con Nueva Zelanda (2,8 cows/ha) e Irlanda (2,2 cows/ha) (Hemme, 2017). Además, también se puede intensificar incrementando la baja producción por vaca, considerando que se utilizan vacas Holstein de origen americano (Lazzarini et al., 2019) con elevado potencial genético para producir leche (VandeHaar et al., 2016). Sin embargo, en base a las limitaciones detectadas en los tambos pertenecientes a la cuenca Abasto Buenos Aires considerados en este trabajo, para poder aprovechar el alto potencial de intensificación habrá que atender dichas limitaciones descritas en el Capítulo 3 con inversiones que permitan incrementar la producción de leche y mejorar la sustentabilidad y rentabilidad del negocio lechero.

Si bien existen estudios sobre alternativas de intensificación para la región norte de Argentina (Baudracco et al., 2017), no existen estudios previos que exploren el impacto de diferentes estrategias de intensificación sobre los sistemas lecheros de la región Centro-Sur de Argentina.

La incertidumbre es un aspecto fundamental de los sistemas agropecuarios. La información sobre suelos, forrajes y animales locales suele ser limitada, la forma en que estos responden al manejo y al medio ambiente se entiende solo en términos generales, y los resultados dependen en gran medida del clima futuro, plagas, enfermedades, mercados y políticas. En tal contexto, la toma de decisiones requiere que se tengan en cuenta la incertidumbre y el riesgo (Woodward et al., 2008).

Los modelos de simulación en sistemas de producción de leche pastoriles han sido utilizados por distintos autores permitiendo evaluar diversos escenarios y comparar estrategias, de gestión, de suplementación en distintos momentos de lactancia con el fin de aumentar la producción de leche por vaca y el margen bruto del tambo (Uribe et al. 1996), u optimizar el manejo del tambo para maximizar el margen bruto (Hart et al. 1998), o predecir la producción de ganado lechero, incluida la ingesta de pastos, la producción de leche, el crecimiento y el cambio de peso vivo (Bryant et al. 2005; 2010). Para Beukes et al. (2008), el uso de simuladores es una alternativa práctica y de bajo costo que permite ayudar a los productores a tomar mejores decisiones respecto a su sistema de producción o prácticas de manejo. Algunos modelos de simulación, funcionan a nivel de rodeo (Larcombe, 1990; Freer et al., 1997; Shalloo et al., 2004; Schils et al., 2007; Vayssieres et al., 2009; Baudracco et al., 2013), mientras que otros funcionan en a nivel animal individual (Beukes et al., 2008; Bryant et al., 2010).

Los modelos sin incertidumbre, según Romera et al. (2006), es decir, modelos deterministas, donde los datos de entrada se mantienen fijos produciendo un único resultado, pueden transmitir una sensación engañosa de certeza sobre el futuro y, de hecho, pueden ser menos relevantes en un contexto de toma de decisiones.

En los modelos de simulaciones estocásticas, que permiten incorporar variación en algunos parámetros y realizar múltiples ejecuciones, se producen resultados múltiples pudiendo representar diferentes sistemas de producción en un año o diferentes condiciones en el mismo sistema de producción, lo que permite poder realizar análisis del riesgo (Baudracco et al., 2013), Ello representa la principal ventaja de esté último tipo de simulaciones. Sin embargo, en una revisión hecha por Woodward et al. (2008), remarca la necesidad de utilización de tiempos de simulación prolongados y replicación de escenarios para asegurar que las conclusiones no se basen en los resultados de secuencias inusuales de eventos.

El objetivo de este estudio fue investigar la respuesta productiva, económica y el riesgo de distintas alternativas de intensificación del sistema lechero característico de la cuenca Abasto Argentina, utilizando modelos de simulación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del sistema productivo representativo de la región Abasto Buenos Aires

Los sistemas lecheros de la cuenca Abasto de Buenos Aires, en el Centro-Sureste de Argentina, son sistemas con vacas en pastoreo y suplementación. El total estimado de unidades productivas de dicha región representa aproximadamente el 10% del total de unidades productivas del país (OCLA, 2019). El clima en esta región es templado húmedo, con temperaturas máximas promedio de 30.5°C en verano y mínimas promedio de 3,6 en invierno; y con precipitaciones anuales de aproximadamente 1.100 mm (Estación Agrometeorológica UNLu).

Para caracterizar el sistema lechero promedio de la región se utilizaron los datos productivos y económicos surgidos en el relevamiento de los 29 establecimientos lecheros de la región Abasto Buenos Aires, descritos en el Capítulo 3.

Cabe destacar que en el Capítulo anterior se analizaron los tambos de forma estratificadas según su nivel productivo y se observaron diferencias en limitantes en infraestructura y manejo tecnológico que condicionarían su potencial productivo. Tal es el caso de los tambos de mayor nivel de producción (grandes) condicionados principalmente por limitantes en infraestructura, y en los tambos chicos, donde la mejora en el manejo tecnológico (con el aumento la producción y calidad forrajera) permitiría el aumento de la carga animal (disminuyendo superficie) con la consecuente mejora en su nivel de producción. En este Capítulo el promedio de los datos del relevamiento fue utilizado para construir un sistema de referencia (SR) para la región Abasto. Las principales características de este sistema se describen en la Tabla 12. Utilizando los datos de SR se plantearon diferentes estrategias de intensificación y se evaluó el resultado económico, productivo y el riesgo de cada alternativa, utilizando modelos de simulación.

Alternativas de intensificación evaluadas

El estudio fue diseñado para investigar sistemas lecheros alternativos al sistema de referencia (SR) de la región bajo estudio. Para definir y evaluar alternativas mejoradoras, se conformó un equipo técnico integrado por dos investigadores, cuatro asesores y cuatro productores pertenecientes a los tambos relevados. La investigación se orientó hacia la problemática del productor, de manera de alcanzar, al final del proceso, conclusiones de impacto para los productores lecheros y sus empresas. Inicialmente, el equipo técnico definió las principales preguntas de investigación y en base a estas preguntas se formularon 5 sistemas productivos alternativos a SR.

Las preguntas que dieron origen a las estrategias de intensificación a evaluar fueron las siguientes:

Alternativa 1 (A1)

Para responder esta pregunta se generó A1, en esta alternativa se incrementó, respecto a SR, 5% la eficiencia del uso de las reservas (silaje y heno) y de alimentos concentrados, asumiendo una disminución en las pérdidas por distribución y simultáneamente se incrementó 10% la eficiencia de pastoreo de las pasturas y del cultivo anual de invierno (Ryegrass), asumiendo un gerenciamiento intensivo del pastoreo.

Alternativa 2 (A2) ¿Qué ocurre si aumenta la cantidad y calidad del concentrado suministrado por vaca?

Para responder esta pregunta se generó A2, que asumió, respecto a SR, un incremento de 30% en el suministro diario de concentrado por vaca por día (10 kg MS vaca⁻¹ por día). A su vez se incrementó la calidad de concentrado, considerando un mayor contenido proteico (20% PB) y energético (2,98 Mcal EM kg MS⁻¹) que el SR.

Alternativa 3 (A3) ¿Qué ocurre si aumenta la carga animal y simultáneamente aumenta la producción de forrajes por hectárea?

Para responder esta pregunta se generó A3, en la cual se incrementó la carga animal a 2,10 VT ha⁻¹ y la producción de forrajes, asumiendo mayores niveles de fertilización y mejor manejo de los cultivos respecto a SR.

Alternativa 4 (A4) ¿Qué ocurre si aumenta la carga animal y en simultaneo se incrementa la cantidad y calidad del alimento concentrado?

Para responder esta pregunta se generó A4, en la que se incrementó la carga animal a 1,9 VT ha VT⁻¹ y simultáneamente se incrementó el suministro de concentrado de 7,7 (SR) a 10 kg MS VO⁻¹ por día (A4), aumentando su calidad, considerando un mayor contenido proteico (20% PB) y energético 2,98 Mcal EM kgMS⁻¹.

Alternativa 5 (A5) ¿Qué ocurre si aumentan simultáneamente la carga animal, la cantidad y calidad de concentrado y la cantidad de forrajes producidos por ha?

Para responder esta pregunta se generó A5, en la que se asumió mayor producción forrajera, mayor suministro de concentrado (10 kg MS VO⁻¹ por día), con mayor calidad (20% PB y 2,98 EM Mcal kg MS⁻¹) y en simultaneo un incremento de la carga animal a 2,6 VT ha⁻¹. Esta alternativa (A5) representa una combinación de A2, A3 y A4.

En las alternativas en las cuales se incrementó la carga animal, el aumento se realizó a partir de la reducción de la superficie. En todas las alternativas la cantidad de vacas se mantuvo constante.

De esta manera, las variables que se modificaron, para generar sistemas alternativos a SR fueron: carga animal (VT haVT⁻¹), consumo diario de concentrado (kg MS VO⁻¹ por día), calidad de los alimentos concentrados (% PB y Mcal EM/kgMS), eficiencia de uso de los alimentos y el rendimiento de los cultivos de alfalfa, maíz para silaje y raigrás (kg MS ha⁻¹ por año).

Tabla 12. Descripción de los sistemas evaluados en el estudio (sistema de referencia (SR) y alternativa de intensificación).

Table 12. Description of the systems evaluated in the study (reference system (RS) and intensification alternative)

	SR	A1	A2	A3	A4	A5
Superficie(ha)	214	214	214	167	185	135
Vacas Totales (VT)	351	351	351	351	351	351
Carga (VT ha ⁻¹)	1,64	1,64	1,64	2,10	1,90	2,60
Consumo de concentrado (kg MS vaca ⁻¹ por día)	7,7	7,7	10	7,7	10	10
PB concentrado (%)	16	16	20	16	20	20
EM concentrado (Mcal kg MS ⁻¹)	2,86	2,86	2,98	2,86	2,98	2,98
Eficiencia de uso de reservas	85%	90%	85%	85%	85%	85%
Eficiencia uso concentrados	95%	100%	95%	95%	95%	95%
Eficiencia uso Pasturas y Ryegrass anual (%)	60%	70%	60%	60%	60%	60%
Rendimiento Pastura (Kg. MS/ha/a)	10220	10220	10220	11740	10220	11740
Rendimiento Maíz (Kg. MS/ha/a)	10750	10750	10750	12800	10750	12800
Rendimiento Ryegrass (Kg. MS/ha/a)	6500	6500	6500	7580	6500	7580
Área Pastura (ha)	122	122	122	95	105	77
Área Maíz (ha)	82	82	82	63	70	51
Área Verdeo de invierno (ha)	41	41	41	32	35	26
Área Improductiva (ha)	62	62	62	50	54	39

Modelos de simulación utilizados

Se utilizaron dos modelos matemáticos: uno para predicción del rendimiento de los cultivos, denominado APSIM (McCown, 1996; Keating et al., 2003), y otro para evaluación del sistema lechero completo, denominado e-Dairy (Baudracco et al., 2013).

Simulación de rendimiento y variabilidad de los cultivos con el modelo APSIM

El modelo APSIM (McCown, 1996; Keating et al., 2003) predice rendimientos de cultivos utilizando datos de series históricas de temperaturas medias, máximas y mínimas, precipitación, radiación solar y datos de composición física de los suelos. Este modelo ha sido calibrado para condiciones de Argentina (Ojeda *et al.*, 2016, 2018; Jáuregui *et al.*, 2015). Utilizando este modelo y datos climáticos provenientes de la región Abasto Buenos Aires, se estimaron las tasas de crecimiento mensuales, el rendimiento anual y las variaciones interanuales de pasturas de alfalfa, cultivo de verano (maíz para silo) y cultivo de invierno (raigrás anual).

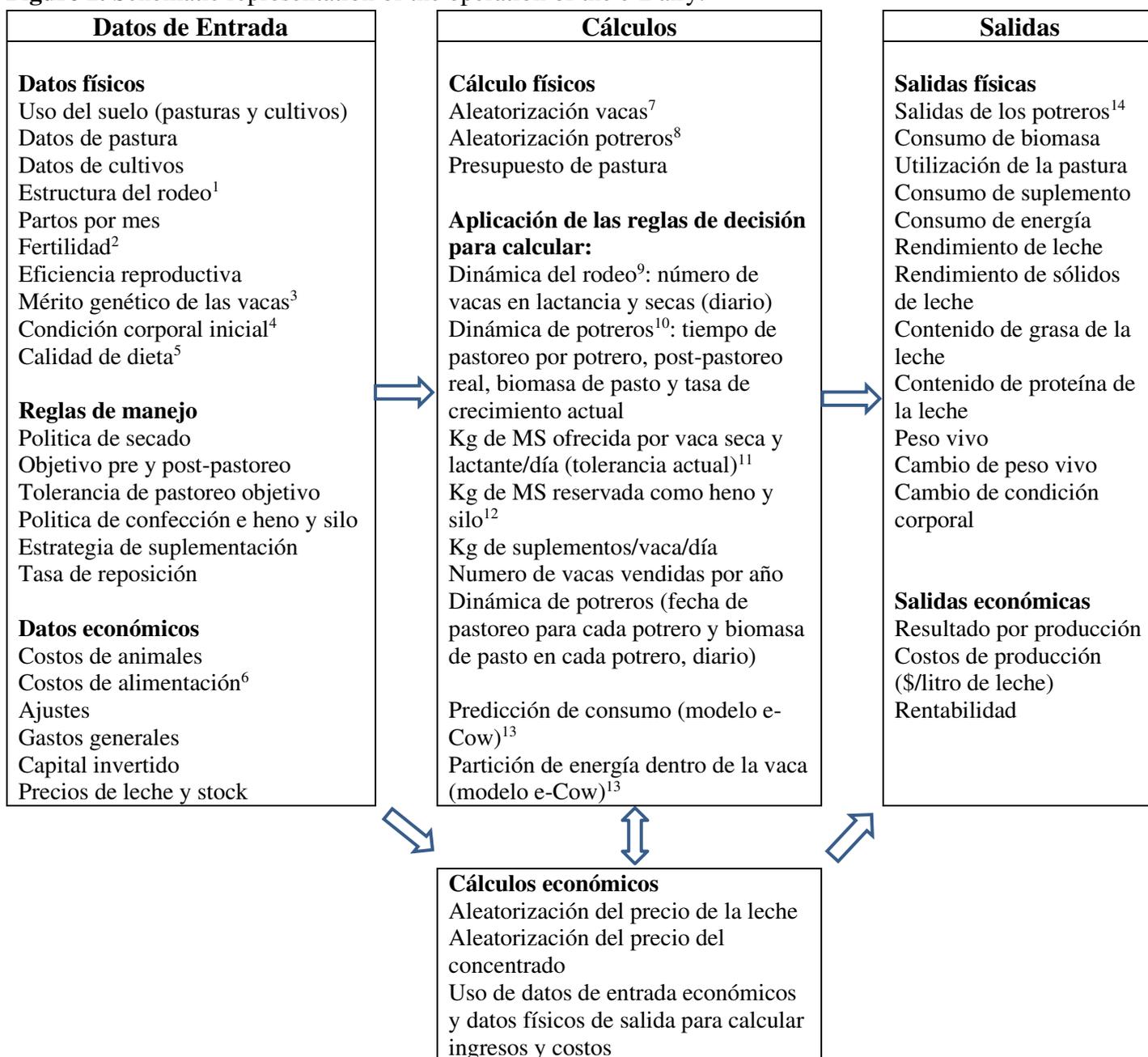
Modelo de simulación de sistema lechero (e-Dairy)

El modelo e-Dairy (Baudracco et al., 2013) (Figura 1) simula diariamente, como salidas finales la producción de leche, grasa y proteína, peso vivo y condición corporal durante un periodo de 365 días, y el

resultado económico del sistema lechero. El rodeo se genera aleatoriamente a través de operaciones matriciales utilizando varianzas y covarianzas de las variables productivas.

Figura 1. Representación esquemática de funcionamiento del modelo e-Dairy.

Figure 1. Schematic representation of the operation of the e-Dairy.



Baudracco et al., 2013

¹ Estructura del rodeo: número de vacas por categoría de edad (año) y número de lactancia.

² Fertilidad: probabilidad de preñez en cada servicio, sistema de parto (estacional o durante todo el año) y número de servicios.

³ Mérito genético (rendimientos potenciales de leche, grasa y proteína, parámetros que definen el contenido de grasa y proteína de la leche, parámetros objetivo de CC y peso vivo).

⁴ CC inicial: media y desvío estándar.

⁵ Calidad de la dieta: FDN, energía metabolizable de biomasa y suplementos, y la tasa de calidad de biomasa disminuye/aumenta si no se usa en la fecha óptima.

⁶ Costos de alimentación: el precio de los concentrados se puede configurar para que se comporten estocásticamente.

⁷ Aleatorización de vacas: para asignar un mérito genético único a cada vaca, en función del mérito genético promedio y la matriz de (co) varianza.

⁸ Aleatorización de potreros: para definir la biomasa de forraje inicial en cada potrero.

⁹ Dinámica del rodeo: número de vacas lactantes y secas (diariamente).

¹⁰ Dinámica de potreros: biomasa de forraje diaria y tasa de crecimiento real, fechas de pastoreo y tiempo de pastoreo por potrero y biomasa real post-pastoreo.

¹¹ Asignación de pastura: kg real de materia seca ofrecido por vaca seca y lactante/día.

¹² Stock de reservas: kg de materia seca reservado como heno y ensilaje.

¹³ Modelo e-Cow: ver representación esquemática, entradas y ecuaciones en el modelo e-Cow (Baudracco et al., 2012) explicando la materia seca y la ingesta de energía y el reparto de energía dentro de la vaca.

¹⁴ Salidas de los potreros: masa de hierba real diaria previa y posterior al pastoreo, tasas de crecimiento real diarias

El modelo puede simular, estocásticamente, el comportamiento de variables clave del sistema lechero, tales como la producción de materia seca de pastura y cultivos, el mérito genético y los precios de la leche y de los concentrados comprados (los concentrados representan el costo de mayor incidencia en los costos directos). Los principales datos requeridos para correr el modelo son: uso del suelo, tipo de pastura, tasa de crecimiento mensual de pastura, cantidad y distribución de suplementos, calidad de los alimentos (EM), descripción del rodeo (número de vacas y patrón de pariciones), estructura de edad, condición corporal inicial (escala 1-5), peso vivo, probabilidades de preñez por servicio, mérito genético (potencial de producción de leche, grasa y proteína) y datos económicos relacionados a los ingresos, egresos y al capital invertido. Los principales datos de salida del modelo e-Dairy son: consumo de pastura, reservas y alimentos concentrados por vaca, utilización anual de la pastura, producción de leche, cambios en la condición corporal de las vacas, resultado económico y rentabilidad del sistema lechero completo.

Se realizaron simulaciones determinísticas y estocásticas para evaluar el sistema SR y las cinco alternativas de intensificación. En las simulaciones estocásticas se asignó comportamiento aleatorio a las siguientes variables: rendimiento de forrajes (pastura, maíz de silo, raigrás anual), precio de la leche y precio del alimento concentrado. No se consideró en la aleatorización el precio del fertilizante, ya que su peso económico es poco relevante en comparación al precio del alimento concentrado. Para realizar las simulaciones estocásticas, se utilizó la media y la desviación estándar (DE) de las variables, usando una función de probabilidad normal. La media y la DE fueron obtenidos a partir de precios históricos de leche y concentrado, y la media y DE de la producción de cultivos fueron generados con el modelo APSIM, a partir de bases de datos climáticos históricos de la región bajo estudio.

Para simular numerosas situaciones probables, se realizaron 1.000 corridas aleatorias para cada uno de los seis sistemas. Esto significa que se simularon 1.000 posibles años con diferentes combinaciones de clima y de precio de leche y de alimentos concentrados.

Supuestos utilizados en la simulación

Rendimiento de cultivos

Los rendimientos de los cultivos utilizados surgieron de las simulaciones con el modelo APSIM. Para las pasturas, los rendimientos promedio y sus desvíos estándar fueron de 10220 (± 1288) kg MS⁻¹ ha⁻¹ para los sistemas SR, A1, A2 y A4 y de 11740 (± 1479) kg MS⁻¹ ha⁻¹ para los sistemas A3 y A5. Los rendimientos de maíz para silaje fueron de 10.750 (± 2193) para los sistemas SR, A1, A2 y A4 y de 12800 (± 2611) kg MS ha⁻¹ para los sistemas A3 y A5. Los rendimientos para los cultivos anual de invierno (ryegrass) fue de 6.500 (± 1326) para los sistemas SR, A1, A2 y A4 y de 7580 (± 1546) kg MS ha⁻¹ para los sistemas A3 y A5 (Tabla 13).

Tabla 13. Rendimientos de pasturas y cultivos anuales de los sistemas evaluados (SR, A1, A2, A3, A4 y A5), resultantes de las simulaciones.

Table 13. Yields of pastures and anual crops of the evaluated systems (RS, A1, A2, A3, A4 y A5), resulting from the simulations.

	SR	A1	A2	A3	A4	A5
Pasturas (kg MS- ha ⁻¹)	10220	10.220	10.220	11.740	10.220	11.740
Desvío standard	(± 1288)	(± 1.288)	(± 1.288)	(± 1.479)	(± 1.288)	(± 1.479)
Maíz de silaje (kg MS- ha ⁻¹)	10.750	10.750	10.750	12.800	10.750	12.800
Desvío standard	(± 2.193)	(± 2.193)	(± 2.193)	(± 2.611)	(± 2.193)	(± 2.611)
Raygrass (kg MS- ha ⁻¹)	6.500	6.500	6.500	7.580	6.500	7.580
Desvío standard	(± 1.326)	(± 1.326)	(± 1.326)	(± 1.546)	(± 1.326)	(± 1.546)

Supuestos económicos

Los supuestos económicos utilizados fueron idénticos para todas las alternativas evaluadas, excepto para las variables en las que se especifique lo contrario (Tabla 14).

En las simulaciones estocásticas, los precios de leche y de alimentos concentrados fueron simulados por el modelo e-Dairy en base al promedio y a la desviación standard, utilizando una distribución normal. Se asume la falta de correlación entre ambos precios demostrados por Binfield et al., 2002 y Shalloo et al., 2004. El precio de la leche fue de 0,29 ($\pm 0,015$) \$US litro⁻¹, y precio de alimentos concentrados 0,22 ($\pm 0,011$) \$US litro⁻¹ para alimentos concentrados con 2,86 Mcal kg MS⁻¹ y 16% PB y de 0,241 ($\pm 0,012$) \$US litro⁻¹ para alimentos concentrados con 2,98 Mcal kg MS⁻¹ y 20% PB, respectivamente.

Los costos de cada cultivo, en ambos niveles de rendimientos, se presentan en la Tabla 10.

Inversiones.

Se asumió una inversión de \$US 1.123 por vaca en todos los sistemas, que incluye instalaciones de ordeño, equipo de ordeño, equipo de refrigeración de la leche, callejones, aguadas y provisión de sombra para los animales. La inversión en maquinarias (suministro de alimento) y mejoras fue de \$US 617 por vaca en todas las alternativas.

Tabla 14. Supuestos económicos.**Table 14.** Economic assumptions

Precio de venta de vaca de descarte	1,2 \$US kg ⁻¹ en pie
Precio de venta de ternero macho, 1 semana de vida	22 \$US cabeza ⁻¹
Implantación de pastura ³	333 \$US ha ⁻¹ por año
Mantenimiento anual de pasturas de menor producción ⁴	231 \$US ha ⁻¹ por año
Mantenimiento anual de pasturas de mayor producción ⁵	336 \$US ha ⁻¹ por año
Implantación de cultivos de verano para ensilaje de menor producción ⁶	343 \$US ha ⁻¹ por año
Implantación de cultivos de verano para ensilaje de mayor producción ⁷	492 \$US ha ⁻¹ por año
Confección de silo de maíz	0,058 \$US kg MS ⁻¹
Implantación de cultivo de invierno de menor producción ⁸	198 \$US ha ⁻¹ por año
Implantación de cultivo de invierno de mayor producción ⁹	268 \$US ha ⁻¹ por año
Suministro de alimentos ¹⁰	0,051 \$US kg MS ⁻¹
Pastaje para recria de hembras ¹¹	38 \$US cabeza ⁻¹ por mes
Mano de obra	9,2 % del ingreso en leche
Sanidad por vaca	70 \$US VT ⁻¹ por año
Inseminación y control lechero	32,6 \$US VT ⁻¹ por año
Limpieza y mantenimiento de la ordeñadora	36 \$US VT ⁻¹ por año
Electricidad	20 \$US VT ⁻¹ por año
Crianza de terneros ¹²	55 \$US ternero ⁻¹ por mes
Tratamiento y aplicación de efluentes	12 \$US VT ⁻¹ por año
Gastos varios directos	13 \$US VT ⁻¹ por año
Alquiler de la tierra ¹³	23 \$US ha ⁻¹ por mes
Heno comprado	0,162 \$US kg MS ⁻¹
Reparación y mantenimiento de maquinaria y mejoras	60 \$US ha ⁻¹ por año
Administración y asesoramientos	58,1 \$US ha ⁻¹ por año
Amortización de maquinarias y mejoras	155,5 \$US ha ⁻¹ por año
Impuestos, tasas y seguros	105 \$US ha ⁻¹ por año
Gastos varios indirectos	30 \$US ha ⁻¹ por año

¹ En SR, A1 y A3² En A2, A4 y A5³ implantación de pasturas, gasto total dividido por los 3 años de duración de la pastura^{4 y 5} Mantenimiento de pasturas: herbicidas, fertilizantes y desmalezado)^{6 8} En SR, A1, A2 y A4^{5 9} En A3 y A5¹⁰ Incluye amortización de tractor, mixer costo de reparación, mantenimiento, combustible y de mano de obra¹¹ Desde 2 meses de edad hasta 2 meses previos al parto¹² Duración de crianza artificial: 60 días

¹³Se asume el alquiler de las 214 ha, equivalente a 80 litros de leche por ha/mes

Para el suministro del alimento en una pista de alimentación se consideró una inversión de \$US 100 por vaca. Además, fueron considerados \$1200 por vaca como capital animal y \$349 por vaca como capital circulante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Simulaciones determinísticas: resultados económicos y productivos

Los resultados productivos para el SR y para las 5 alternativas de intensificación evaluadas se presentan en la Tabla 15. Todas las alternativas de intensificación obtuvieron mayor productividad, mayor resultado económico y mayor rentabilidad que el sistema promedio de la zona en estudio (SR)

Tabla 15. Resultados productivos y económicos del SR y las diferentes alternativas de intensificación.

Table 15. Productive and economic results of the RS and the five intensification alternatives

Resultado productivo	SR	A1	A2	A3	A4	A5
Por vaca año⁻¹						
Leche (lt)	7.143	7.870	8.441	7.022	8.223	7.958
Solidos de leche (GB+P) (kg)	490	540	580	481	564	546
Pastura consumida (kg MS)	2.071	2.182	1.808	1.928	1.689	1.524
Reservas consumidas (kg MS)	2.158	2.410	2.136	2.158	2.143	2.146
Alimento concentrado consumido (kg MS)	2.203	2.320	3.047	2.214	3.046	3.047
Total de materia seca consumida (kg MS)	6.881	7.435	7.440	6.742	7.261	7.036
Por hectárea año⁻¹						
Leche (lt)	11.715	12.908	13.858	14.758	15.602	20.690
Solidos de leche (GB+P) (kg)	803	886	952	1.011	1.071	1.419
Eficiencia de pastoreo (%)	64	67	56	66	59	63
Pastura consumida (kg MS)	5.958	6.278	5.202	7.116	5.628	6.947
Resultado económico						
Resultado económico (\$US ha ⁻¹ por año) ¹	463	742	656	731	754	1046
Capital invertido (\$US ha ⁻¹ /ha) ²	5.395	5.407	5.465	6.944	6.275	8.555
Rentabilidad ³	8.6%	13,7%	12,0%	10,5%	12,0%	12,2%

¹Resultado económico (\$US ha⁻¹ por año) = Ingresos leche + ingreso carne – (gastos directos + gastos indirectos + amortizaciones + alquiler de tierra).

²Capital invertido: incluye animales, instalaciones, maquinarias y herramientas. No incluye tierra.

³Rentabilidad: Resultado económico dividido el capital invertido

Mayor eficiencia de cosecha de alimentos (A1)

Esta alternativa asume mejor manejo en la utilización de alimentos (reservas, alimentos concentrados y pasturas). Como resultado produjo un aumento de 10,2% en la productividad (litros leche ha⁻¹ por año) respecto a SR, e incrementó la rentabilidad 59% respecto a SR (de 8,6% a 13,7%). Esta alternativa (A1) fue la que mayor rentabilidad generó, debido a que permitió incrementar la productividad sin el agregado de insumos o de capital, sino a partir de tecnologías de manejo que aumenten la eficiencia de uso de alimentos. Los costos de alimentación representan el principal componente de los costos variables en la producción de leche (Doyte, et al., 2004). En el presente estudio, al incrementar la eficiencia de uso de alimentos se incrementó el consumo por vaca (8%), la producción por ha año⁻¹ y el resultado económico.

El consumo de pastura por vaca aumentó 5,5% en A1 respecto a SR. Estos resultados coinciden con estudios previos realizados por Llanos et al. (2017) en sistemas pastoriles con suplementación en Uruguay, en los que, al aumentar la proporción de pasturas en la dieta, se logró mayor eficiencia en el uso del alimento concentrado, mejorando los ingresos económicos.

Mayor cantidad y calidad de alimentos concentrados por vaca (A2)

En esta alternativa se incrementó el consumo de alimento concentrado en 30% y también la calidad del mismo respecto al SR, lo que permitió un incremento de 18,2% de la producción de leche por vaca y un incremento del 41,6% del resultado económico, comparado con SR. Esta estrategia de intensificación generó un incremento en resultado económico inferior al obtenido en A1.

El incremento en la cantidad de alimentos concentrados por vaca, sin aumentar la carga animal, resulta en menores niveles de utilización de pasturas (García & Fulkerson, 2005). Esto ocurrió en A2, en esta hubo una reducción en la eficiencia de utilización de pasturas respecto a SR (Tabla 6), lo que generó un consumo de pasturas por vaca inferior (12,6%) en A2 comparado con SR.

Mayor carga animal y mayor producción de forrajes (A3)

Esta alternativa exploró una vía de intensificación basada en mayor carga animal acompañada de mayor producción de forrajes, esto último como consecuencia de incrementar la cantidad de insumos utilizados en los cultivos (fertilizantes y plaguicidas). Existe potencial para incrementar la producción de pastura en Argentina (Lazzarini et al., 2019) a través de mejorar el manejo de los cultivos.

El incremento de carga animal (28% respecto a SR) redujo 6,9% el consumo de pasturas por vaca año⁻¹ comparado con SR, debido a un incremento de 19% en la eficiencia de cosecha de la pastura y al incremento en la cantidad de pastura producida en esta estrategia de intensificación. Esto resultó en un incremento del 26% en la producción de leche por hectárea año⁻¹ y del 58% en el resultado económico. Similares resultados fueron obtenidos por MacDonald et al. (2008). La rentabilidad en A3 fue más alta que en SR, pero inferior que en A1. Aunque el resultado económico se incrementó marcadamente respecto a SR y

fue similar a A1, al aumentar el capital hacienda e infraestructura en sistemas con mayor carga animal (A3), la rentabilidad se incrementó en menor proporción que el resultado económico.

La conveniencia del incremento en la carga animal en sistemas lecheros de Argentina fue reportada por Baudracco et al. (2011), indicando que en Argentina se pueden lograr de grandes incrementos en la producción de leche por ha y en el resultado económico cuando se incrementa la carga animal. Trabajos posteriores arrojaron resultados similares, para sistemas lecheros del centro-norte de Argentina (Baudracco, et al 2017) donde se incrementó la carga animal de 1 a 1,7 VT ha VT⁻¹ y se logró un aumento en productividad de aproximadamente 120%.

Mayor carga, mayor cantidad y calidad de alimentos concentrados (A4)

Esta alternativa produjo un incremento de 5,5 % en el consumo MS por vaca vaca año⁻¹ debido a la mayor oferta de alimentos concentrados por vaca, a pesar de la disminución del consumo de pasturas por vaca de 18,4%, respecto a SR. El incremento de la productividad fue de 33%, superando 15.000 litros de leche/ ha año y 1.000 kg de sólidos/ ha año. Además, se logró un incremento del resultado económico de 62,7% y un incremento en la rentabilidad del 39,8%, respecto a SR. En general, el nivel de suplementación requerido por vaca y la carga animal óptima dependen del potencial genético de la vaca, de la respuesta a la suplementación, del precio de la leche y de los costos de los suplementos alimenticios (Baudracco, 2010).

El resultado económico de A4 es levemente superior al de A3, lo que indica que, bajo las condiciones del presente estudio, la vía de intensificación a partir de mayor cantidad de forraje producido o bien a partir de mayor cantidad y calidad de alimento concentrado utilizado pueden ofrecer resultados similares si se acompañan de mayor carga animal. Sin embargo, esto puede suceder solo bajo relaciones de precio leche:concentrado favorables, como la utilizada en el presente estudio. Situaciones de relación de precio leche:concentrado inferiores podrían hacer que la alternativa de mayor producción de forraje (A3) sea más conveniente que la alternativa de incremento de alimentos concentrados en la dieta (A4).

Mayor carga animal, mayor producción de forrajes y mayor cantidad y calidad de alimentos concentrados (A5)

En esta alternativa se incrementó un 58% la carga animal respecto a SR, y simultáneamente se incrementó el consumo de materia seca y la producción de leche por vaca, debido a un incremento en la cantidad de forraje producido y la cantidad y calidad de concentrado ofrecido por vaca, resultando en una productividad de 20.690 litros de leche por hectárea, 76,6% superior a SR y 173% superior a la productividad promedio de Argentina (Lazzarini et al., 2019). Esta alternativa (A5) incrementó el resultado económico 126%, respecto a SR.

Todas las alternativas de intensificación evaluadas mostraron resultados económicos positivos y superiores a SR. Las alternativas con mayor grado de intensificación a partir de insumos (A2, A3, A4 y A5) aumentaron el resultado económico y la rentabilidad respecto a SR. Sin embargo, la rentabilidad se incrementó

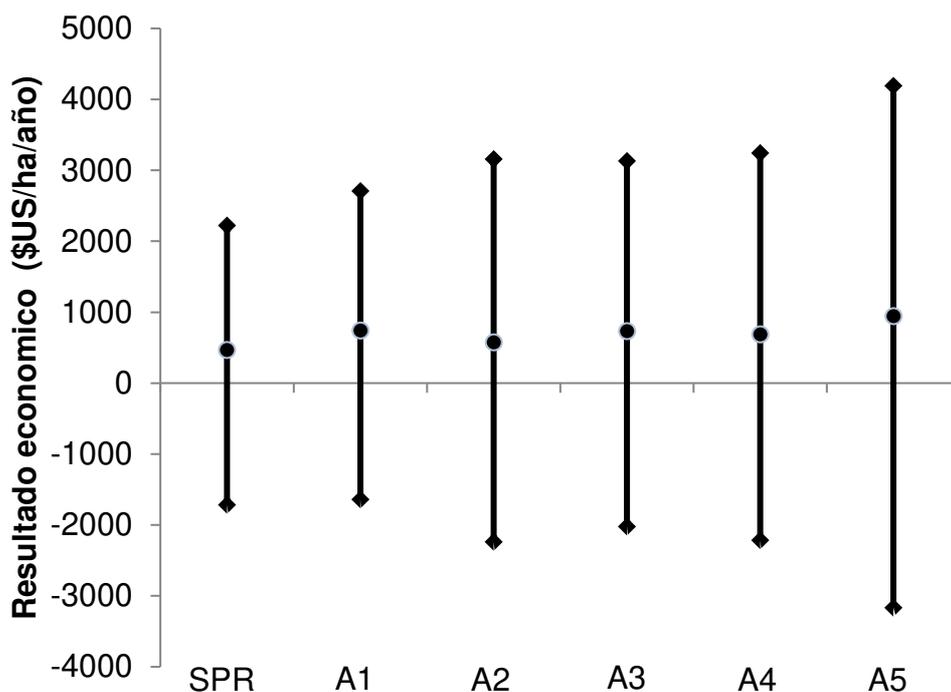
a un ritmo menor que el resultado económico, debido a que las alternativas de intensificación planteadas requieren mayor inversión en capital. La excepción fue A1, en la que se logró incrementar la productividad a partir de mayor eficiencia en la utilización de alimentos sin incrementar la inversión en capital. Similarmente, Baudracco et al., (2017) reportó que alternativas de intensificación con mayores niveles de producción por vaca y por hectárea no necesariamente generaron mejores resultados económicos.

Simulaciones estocásticas:

La percepción del riesgo es uno de los principales factores que limitan la adopción de nuevas tecnologías en la agricultura (Marra et al., 2003; Ghadim et al., 2005), por ello es importante incluirlo en el análisis de alternativas de intensificación.

Se realizaron simulaciones estocásticas, en las que se aleatorizó en simultaneo el rendimiento de los cultivos, el precio de la leche y el precio del alimento concentrado. En este estudio no se separaron las simulaciones aleatorias de rendimientos de los cultivos con la de precios de alimento concentrado y de la leche (efecto del mercado), ya que en la realidad ocurren en simultaneo, sin embargo, existen estudios que lo han hecho en forma separada concluyendo que el efecto del mercado fue mayor que el climático en lo que respecta al impacto en el resultado económico de todos los sistemas de intensificación evaluados (Baudracco et al., 2017).

En el Gráfico 2 se muestran los resultados económicos promedios y el rango de variación de la simulación estocástica. Se puede observar que todas las alternativas de intensificación analizadas muestran valores más extremos (máximos y mínimos) que SR, excepto A1. Esto indica que todas las vías de intensificación exploradas, excepto A1 que solo implica mayor eficiencia de uso de alimentos, generarán mayor incertidumbre económica frente a las variaciones de rendimientos de cultivos y de precios, lo que por un lado generaría mayores ganancias en años favorables, pero mayores pérdidas en años desfavorables. Como consecuencia, se deduce que al intensificar se requiere mejor manejo financiero para poder afrontar los años con menores resultados económicos. Se observa que las estrategias que implicaron mayor consumo de alimentos concentrados y que no incrementaron la producción de forrajes (A2 y A4), generan mayor variación de resultados económicos esperados que la alternativa A3, en la cual la producción de forrajes se incrementó. Se destaca la alternativa A5 como la de mayor variación en resultados esperados. Esta alternativa, expresa la intensificación combinada en todas las variables analizadas en el presente estudio. Si bien genera la mayor productividad y el mayor resultado económico, sus resultados son muy sensibles a cambios en los rendimientos de cultivo y precios de mercado, por lo cual será útil solo para productores con manejo financiero muy riguroso.



(•) Círculo medio de la barra indica promedio

Largo de la barra indica el rango en el que se observarían los resultados

(◆) Rombo indica el mínimo y el máximo de cada sistema.

Gráfico 2. Resultados económicos esperados en cada uno de los sistemas productivos investigados (SR, A1, A2, A3, A4 y A5), asignando comportamiento estocástico al rendimiento de cultivos y al precio de leche y el precio del alimento concentrado.

Graph 2. Economic results (\$ US ha⁻¹ per year) expected in each of the productive systems investigated (RS, A1, A2, A3, A4 and A5), assigning stochastic behavior to crop yield and milk price and the price of concentrated food

CONCLUSIONES

Las alternativas de intensificación analizadas permitirían mejorar el resultado productivo y económico de los sistemas de producción actual de la región Abasto de Buenos Aires. Todas las estrategias de intensificación analizadas generaron mayores resultados económicos que el sistema promedio de la región, aunque también mostraron mayor variación de resultados económicos cuando se consideró el efecto estocástico de los rendimientos de los cultivos y los precios de la leche y los alimentos concentrados.

La alternativa de mayor eficiencia en la utilización de los alimentos (A1) fue la estrategia que obtuvo mayor rentabilidad, y demostró mayor estabilidad de resultados ante escenarios desfavorables de mercado y clima. Esto indica que el camino hacia una mayor productividad debería iniciarse a través del uso más eficiente de los insumos actuales.

La alternativa de mayor carga animal, mayor producción de forrajes por hectárea y mayor suministro de alimentos concentrados por vaca (A5) es el de mayor resultado económico, y registró una productividad

superior a 20.000 litros de leche por ha por año. Sin embargo, debido a que se basa en incrementos de capital por ha (más vacas y más capital corriente) no es el que genera la mayor rentabilidad.

Si bien las estrategias de intensificación aumentaron la rentabilidad, debe considerarse que este incremento fue mucho menor en proporción al aumento en el resultado económico (\$/ha/año), debido a que las estrategias de intensificación incluyeron más inversión en capital para lograr mayor productividad y mayores resultados económicos.

Aunque las alternativas de intensificación se originaron del debate e intercambio de propuestas entre investigadores, asesores y productores, existen otras variantes posibles que debieran considerarse a futuro en otras investigaciones como, por ejemplo, la menor provisión de suplementación con alimentos concentrados con el objeto de disminuir el efecto de sustitución que se evidencia en la alternativa A1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baudracco, J.; N. Lopez-Villalobos; C. Holmes & K. Macdonald. (2010). Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: a review, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 53:2, 109-133, DOI: 10.1080/00288231003777665
- Baudracco, J.; N. Lopez-Villalobos; L. Romero; D. Scandolo; M. Maciel; E. Comeron; C. Holmes & T. Barry. (2011). Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbred Holstein-Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. *Animal Feed Sciences and Technology* 168, 131-143.
- Baudracco, J.; N. LopezVillalobos; C. Holmes; E. Comeron; K. MacDonald & T. Barry. (2013). E-Dairy: a dynamic and stochastic whole-farm model that predicts biophysical and economic performance of grazing dairy systems. *Animal* 7, 870–878
- Baudracco, J.; J. Maiztegui; J. Jáuregui; B. Lazzarini; A. Rosset y R. Gagliardi. (2017). Productividad, resultado económico y riesgo de sistemas lecheros en el centro-norte de Argentina. *Chilean Journal of Agricultural & Animal sciences* 33: <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902017005000501>
- Beukes, P.; C. Palliser; K. Macdonald; J. Lancaster; G. Levy; B. Thorrold & M. Wastney. (2008). Evaluation of a whole-farm model for pasture-based dairy systems. *Journal of Dairy Science* 91:2353-2360
- Binfield, J.; T. Donnellan; K. Hanrahan; K. McQuinn & P. West hoff 2002. The baseline outlook for the agriculture sector in the EU and Ireland. Pages 13–47 in *FABRI Ireland Outlook 2002. Medium Term Analysis for the Agri-Food Sector*. Teagasc, Rural Economy Research Centre, Dublin, Ireland.
- Britt, J. (2019). How reproductive management technologies will shape the dairy industry 50 years from now. *Journal of Animal Science*, supl. Supplement 2; Champaign Tomo 97, (Jul 2019): 117
- Bryant, J.; N. López-Villalobos; C. Holmes and J. Pryce (2005). Simulation modelling of dairy cattle performance based on knowledge of genotype, environment and genotype by environment interactions: Current Status. *Agricultural Systems*, 86: 121–143.

- Bryant, J.; G Ogle; P. Marshall; C. Glassey; J. Lancaster; S. García & C. Holmes (2010) Description and evaluation of the Farmax Dairy Pro decision support model, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 53:1, 13-28, DOI: 10.1080/00288231003606054
- Caviglia-Harris, J. (2005). Cattle accumulation and land use intensification by households in the Brazilian Amazon. *Agric. Resour. Econ. Rev.* 34:145–162.
- Chilibroste, P. (2015). ¿Carga o productividad individual? ¿Pasto o concentrado?: Mitos y realidades en la intensificación de los sistemas de producción de leche en Uruguay. Pages 158–162 in XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú
- DairyNZ. 2015. New Zealand dairy statistics (2014–15). DairyNZ: Hamilton, New Zealand. Disponible en: www.dairynz/publications
- Donald, P.; R. Green & M. Heath. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proc. R. Soc. Lond.* 268, 25e29
- Doyte, P.; C. Ho; D. Armstrong & R. MalcolmL. (2004). Modelling feeding system efficiency and profitability of an irrigated dairy farm. *Animal Production in Australia*, 25, 45–48.
- FAO. (2019). The Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/faostat/es/#compare>
- Freer, M, Moore, AD and Donnelly, JR. 1997. GRAZPLAN: Decision support systems for Australian grazing enterprises. II. The animal biology model for feed intake, production and reproduction and the GrazFeed DSS. *Agricultural Systems*, 54: 77–126.
- Foote, K.; M. Joy & R. Death. (2015). New Zealand Dairy Farming: Milking Our Environment for All Its Worth. *Environmental Management* September 2015, Volume 56, Issue 3, pp 709–720. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0517-x>
- Garcia, S. & W. Fulkerson. (2005). Oportunidades para futuros sistemas lácteos australianos: una revisión *Aust. J. Exp. Agr.* , 45, pp. 1041 - 1055
- Ghadim, A.; D. Pannell & P. Burton. (2005). Risk, uncertainty, and learning in adoption of a crop innovation. *Agr. Econ.*, 33 (2005), pp. 1-9
- Hart, R.; M. Larcombe; R. Sherlock and L. Smith (1998). Optimisation techniques for a computer simulation of a pastoral dairy farm. *Computers and Electronics in Agriculture*, 19: 129–153.
- Hemme, T. (2017). International Farm Comparison Network Dairy report 2017. IFCN, Kiel, Germany.
- INALE (2018a). <http://www.inale.org/innovaportal/file/333/1/que-es-el-observatorio-tecnologico-y-comercial-de-lacteos.pdf>
- INALE (2018b). <https://www.inale.org/estadisticas/leche-fluida/>
- INALE (2019). <https://www.inale.org/estadisticas/estadisticas-del-sector-lacteo-anuario-diea/>
- Jauregui, J.; J. Ojeda; J. Baudracco; J. Maiztegui; C. Dimundo; J. Ibarlucea; J. Caporgno; R. Gagliardi; L. Romero & J. Bodrero. (2015). Calibrating APSIM model to evaluate dryland potential production of Lucerne in NW Santa Fe, 38th Congreso Argentino de Produccion Animal, 35, 126-126

- Keating, B.; P. Carberry; G. Hammer; M. Probert; M. Robertson; D. Holzworth; N. Huth; J. Hargreaves; H. Meinke; Z. Hochman; G. McLean; K. Verburg; V. Snow; J. Dimes; M. Silburn; E. Wang; S. Brown; K. Bristow & C. Smith. (2003). An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy* 18:267-288. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00108-9](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00108-9)
- Lara, R.; J. Baudracco y B. Lazzarini. (2019). Caracterización técnico-productiva de fincas lecheras Del noreste de la provincia de buenos aires, argentina. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* (2019) 35(2): 186-195.
- Larcombe, M 1990. UDDER: a desktop dairyfarm for extension and research. In *Proceedings of the 7th Seminar of the Dairy Cattle Society of the New Zealand Veterinary Association, Hamilton, New Zealand, 22–25 May 1990*, 99, 151–152.
- Llanos, E.; L. Astigarraga y V. Picasso. (2017). Energy and economic efficiency in grazing dairy systems under alternative intensification strategies. *European Journal of Agronomy* Volumen 92, January 2018, Pages 133-140. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.10.010>
- Macdonald, K.; J. Penno; J. Lancaster & J. Roche. (2008). Effect of Stocking Rate on Pasture Production, Milk Production, and Reproduction of Dairy Cows in Pasture-Based Systems. *Journal of Dairy Science*. Volume 91, Issue 5, May 2008, Pages 2151-2163
- Marra, M.; D. Pannell & A. Ghadim. (2003). The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve? *Agricultural Systems*. 75 (2003), pp. 215-234
- McCown, R.; G. Hammer; J. Hargreaves; D. Holzworth and D. Freebairn. (1996). APSIM: a novel software system for model development, model testing, and simulation in agricultural systems research. *Agricultural Systems* 50:255-271.
- OCLA, (2019). Lechería Mundial - Principales Aspectos. Disponible en la World Wide Web en: www.ocla.org.ar
- Ojeda, J.; K. Pembleton; M. Islam; M. Agnusdei & S. Garcia. (2016). Evaluation of the agricultural production systems simulator simulating Lucerne and annual ryegrass dry matter yield in the Argentine Pampas and south-eastern Australia. *Agricultural Systems*, 143, 61-75.
- Ojeda, J.; K. Pembleton; O. Caviglia; M. Islam; M. Agnusdei & S. Garcia. (2018). Modelling forage yield and water productivity of continuous crop sequences in the Argentinian Pampas. *European Journal of Agronomy*, 92, 84-96.
- Romera, A.; S. Morris; J. Hodgson; W. Stirling & S. Woodward (2006). The influence of replacement policies on stability of production in a simulated cow-calf farm system. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 49: 35-44.
- Schils, R.; M. De Haan; J. Hemmer; A. Van den Pol-Van Dasselaar; J. De Boer; G. Evers; G. Holshof; J. van Middelkoop & R. Zom (2007). Dairy wise, a whole-farm dairy model. *Journal of Dairy Science* 90, 5334–5346.

- Shalloo, L.; P. Dillon; M. Rath & M. Wallace (2004). Description and validation of the Moorepark dairy system model. *Journal of Dairy Science* 87: 1945–1959.
- Uribe, J.; W. Parker; C. Dake and A. McDonald (1996). A whole farm approach to feed planning and ration balancing using UDDER and CAMDAIRY. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 56: 285–288.
- Vayssières, J.; F. Guerrin; J. Paillat & P. Lecomte (2009). GAMEDE: a global activity model for evaluating the sustainability of dairy enterprises. Part I – whole-farm dynamic model. *Agricultural Systems* 101, 128–138.
- Woodward, S.; A. Romera; W. Beskow & S. Lovatt 2008. Better simulation modelling to support farming systems innovation: Review and synthesis. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 51:3 235-252. DOI: 10.1080/00288230809510452

Capítulo 5

Sustentabilidad ambiental de los
sistemas lecheros de la cuenca Abasto
Buenos Aires

INTRODUCCIÓN

La intensificación de los sistemas de base pastoril en Argentina se produjo incorporando nuevas tecnologías de insumos y procesos; en busca de mayor productividad y mejor resultado económico (Piñeiro y Villarreal, 2005). Así es que los tambos aumentaron los niveles de suplementación por vaca, la carga animal, disminuyeron la participación de las pasturas e incrementaron el uso de silajes y alimentos concentrados; causando mayor producción individual, mayor productividad y más litros de leche por tambo (Alvarez et al, 2010; Centeno 2013). Sin embargo, como fue mencionado en el Capítulo 2 de este trabajo, al desafío del aumento de rendimientos se le debe considerar la capacidad de absorber o resistir los cambios ambientales que ello implica. La transformación tecnológica y productiva, que genera sistemas más intensivos, tiene impactos en el ambiente, tales como la eutrofización, la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos y las emisiones de gases de efecto invernadero (Lebacqz et al., 2013).

En la región Pampeana de Argentina, debido al rápido cambio de uso de la tierra y al creciente uso de insumos externos desde la década de los 90, han surgido preocupaciones sobre el consumo de energía fósil, la relación de entrada y salida de nitrógeno y fósforo en los establecimientos lecheros, el riesgo de contaminación por fertilizantes y pesticidas, el impacto en el hábitat, la pérdida de materia orgánica y sedimentos del suelo debido al aumento del cultivo y la emisión de gases de efecto invernadero (Viglizzo et al., 2001, 2002; Ghersa et al., 2002; Ferraro et al., 2003).

Las evaluaciones de costos de las opciones de mitigación para reducir los impactos adversos asociados con la producción son escasas, y muchas veces los impactos permanecen sin valor o infravalorados Foote et al. (2015).

Existen diferentes métodos de evaluación ambiental en producción animal, tales como contabilidad de entradas (inputs) y salidas (outputs), análisis de huella ecológica y evaluación del ciclo de vida (LCA, Life Cycle Assessment) (Thomassen y Boer, 2005). Los resultados obtenidos indican que los indicadores derivados de la contabilidad de entrada-salida son efectivos, debido a su alta relevancia, buena calidad y fácil disponibilidad de datos, aunque no incluyen todas las categorías de impacto ambiental y se centran en las emisiones en el establecimiento. El indicador ambiental derivado del análisis de la huella ecológica no es efectivo para el uso de la tierra y la energía fósil, debido a su relevancia limitada y baja calidad, mientras que los indicadores basados en recursos LCA son efectivos debido a su alta relevancia, buena calidad y disponibilidad de datos. Los indicadores de LCA para el potencial de calentamiento global, acidificación y eutrofización también son efectivos. Sin embargo, los datos de estos indicadores de LCA son difíciles de recopilar. Los balances de nutrientes permiten conocer el potencial de riesgo ambiental de los sistemas productivos, para algunos países esta herramienta permite el control y monitoreo nacional ante excesos en el manejo de los nutrientes, principalmente en áreas de concentración de explotaciones intensivas, en las cuales se puede controlar para establecer restricciones de ingreso de nutrientes (Tieri et al., 2013).

El conocimiento de limitaciones detectadas en el Capítulo 3 y las estrategias de intensificación analizadas en el Capítulo 4, dan cuenta de la necesidad de profundizar acerca del impacto ambiental de los sistemas analizados.

El presente Capítulo tiene el objetivo de evaluar el impacto ambiental de sistemas de producción de leche con distintas estrategias de intensificación de los sistemas lecheros de la cuenca Abasto de Buenos Aires.

MATERIALES Y METODOS

Los sistemas lecheros sobre los cuales se realiza la evaluación de impacto ambiental en el presente Capítulo se generaron a partir de un relevamiento de 29 tambos (Capítulo 3; Lara et al., 2019) y de un estudio de simulación de estrategias de intensificación de sistemas lecheros, descritos en el Capítulo 4 de este trabajo.

Sistema lechero de referencia (SR)

Como fue mencionado en el Capítulo 3, se realizó un relevamiento para obtener datos productivos y económicos en 29 establecimientos lecheros de la región Abasto Buenos Aires, entre las localidades de Luján (34°34'13.0"S 59°06'18.0"O) y Castelli (36°05'26"S 57°48'30"O), y desde Navarro (35°00'20.1"S 59°16'37.2"O) hasta la localidad de Lezama (35°52'30.1"S 57°53'49"O). El relevamiento de cada uno de los establecimientos incluyó datos productivos, económicos, de manejo tecnológico, de infraestructura, de recursos humanos y de recursos naturales, Lara et al. (2019).

Con el promedio de los datos obtenidos se construyó un sistema de referencia (SR) para la cuenca Abasto Buenos Aires. Las principales características de este sistema son: 351 (\pm 191) vacas totales en 214 (\pm 119) hectáreas, lo que resulta en una carga animal de $1,64 \pm 0,41$ VT/ha, 57% de la superficie ocupada con alfalfa (*Medicago sativa* L.), 19% con maíz para silaje (*Zea mays*), 9,5% con cultivos anuales de invierno y 14,5% de superficie sin cultivos. Las vacas se encuentran en pastoreo todo el año, con un suministro promedio de alimento concentrado de 7,7 kg MS/vaca/día (2,5 Mcal EM/kg MS y 16 % PB). La producción de forrajes promedio es 8.693 kg MS/ha por año (sumatoria de la producción de MS de maíz, cultivo de invierno y alfalfa, dividido el total de superficie de VT). El Capítulo 3 presenta más detalles sobre el relevamiento.

Sistemas lecheros intensificados a partir del sistema de referencia (SR)

A partir del SR relevado, se generaron las siguientes alternativas de intensificación (Tabla 16): a) Mayor eficiencia en la utilización de los alimentos (A1); b) Mayor cantidad y calidad de concentrados ofrecido por vaca/día (A2); c) Más carga animal y más producción de forrajes (A3); d) Más carga y cantidad y calidad de alimentos concentrados; y e) Mas carga, más forraje y más concentrado (A5): representa una combinación de A3 y A4.

Tabla 16. Descripción de los sistemas evaluados en el estudio de modelación descriptos en el Capítulo 4 del presente estudio, sistema de referencia (SR) y sistemas alternativos.

Table 16. Description of the systems evaluated in the modeling study described in Chapter 4 of this study, reference system (RS) and alternative systems

Sistema	SR	A1	A2	A3	A4	A5
Área Vaca Total (ha)	214	214	214	167	185	135
Carga (VT haVT ⁻¹)	1,64	1,64	1,64	2,10	1,90	2,60
Consumo de concentrado diario individual (kg MS vaca ⁻¹ por día)	7,7	7,7	10	7,7	10	10
Proteína bruta del concentrado (%)	16	16	20	16	20	20
EM del concentrado (Mcal kg MS ⁻¹)	2,50	2,50	2,56	2,50	2,56	2,56

Se utilizaron dos modelos matemáticos para simular los sistemas: un modelo para predicción del rendimiento de los cultivos detallada en Tabla 13 (APSIM, McCown et al., 1996), y otro para evaluación productiva del sistema completo (e-Dairy, Baudracco et al., 2013). Los detalles de esta simulación se encuentran en el Capítulo 4 del presente estudio, la productividad de cada modelo se presenta en la Tabla 16.

La evaluación del impacto ambiental de los sistemas lecheros fue realizada a través de la utilización del software Calculador de balance de nutrientes (Carbó et al., 2014) y de otro software denominado Calculador de Huella de Carbono en Tambo (AACREA, 2017).

Balance de nutrientes

Como ya se mencionó, el balance de nutrientes se realizó por medio del software “Calculador de balance de nutrientes” (FCV UBA, 2014) cuyo esquema de salidas se describen en la Tabla 17. Este permite conocer el potencial de riesgo ambiental de los sistemas productivos de tipo pastoril y pastoril con suplementación. El programa requiere de información de ingresos y egresos anuales de nutrientes. En los ingresos, se deberá registrar aquella información del periodo del año en ejercicio: precipitaciones anuales, alimentos que fueron comprados y que no fueron producidos en el predio en el cual se está trabajando, ingreso de animales, ingreso de nitrógeno atmosférico por fijación biológica a través del registro de la información sobre los recursos forrajeros con leguminosas e ingreso de fertilizantes.

En los egresos, se requieren datos de productos que fueron producidos y vendidos en el año/ejercicio en estudio: producción anual total de leche, % de grasa y de proteína; producción total de granos de cosecha (obtenida a partir de la superficie sembrada y el rendimiento en kg/ha si fue vendida, y por lo tanto, salió del predio lechero) y venta de animales (vacunos vendidos/trasladados fuera del predio, como vacas de descarte, terneros machos, terneras hembras para criar en otro campo, novillos/novillitos, vaquillonas y toros de descarte). Se realizaron balances prediales de nitrógeno y fósforo.

Tabla 17. Resumen de salidas del Calculador de balance de nutrientes (FCV UBA, 2017).**Table 17.** Summary of Balance calculator outputs (FCV UBA, 2007)

Balance de Nitrógeno y Fósforo para predios lecheros con intensificación		
Egresos	kg Nitrógeno ha año ⁻¹	Kg Fósforo ha año ⁻¹
Granos para la venta		
Producción Lechera		
Venta de animales/producción de carne		
Egreso Total		
Ingresos	kg Nitrógeno ha año ⁻¹	Kg Fósforo ha año ⁻¹
Precipitaciones		
Ingreso de animales/Producción de carne		
Fertilizantes		
Alimentos		
Fijación de nitrógeno atmosférico		
Ingreso total		
Balance		
Nitrógeno	kg ha año ⁻¹	
Fósforo	kg ha año ⁻¹	
Nitrógeno	g litro de leche año ⁻¹	
Fósforo	g litro de leche año ⁻¹	

En este estudio, se ingresaron al software los datos que se describen en la Tabla 18 y los datos de cantidad y movimientos de hacienda (la compra anual de 102 vaquillonas de reposición de 540 kg de peso por cabeza, la venta anual de 246 terneros de 65 kg de peso por cabeza, la venta anual de 70 vacas de descarte de 600 kg de peso) y la precipitación anual promedio de la zona.

Tabla 18. Supuestos utilizados en el Calculador de balance de nutrientes (FCV UBA, 2017) para cada sistema evaluado.

Table 18. Assumptions used in the Nutrient Balance Calculator (FCV UBA, 2014-2017) for each system evaluated

Sistema	SR	A1	A2	A3	A4	A5
Egresos						
Superficie tambo VO (ha)	214	214	214	167	185	135
Productividad (miles de litros año ⁻¹)	2.507	2.762	2.966	2.465	2.886	2.793
Proteína (%)	3,31	3,31	3,32	3,30	3,31	3,31
Grasa (%)	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55
Ingresos						
Dosis promedio kg ha ⁻¹ de FDA	73	73	73	125	72	136
Dosis promedio kg ha ⁻¹ de SFT	30	30	30	105	30	106
Dosis promedio kg ha ⁻¹ de UAN	50	50	50	87	49	87
Dosis promedio kg ha ⁻¹ de UREA	29	29	29	24	28	46
Alimento balanceado t adq ¹ año ⁻¹	896	896	1.134	896	1.134	1.134
Producción promedio anual kgMS ⁻¹	5826	5826	5826	6608	5828	6696
ha de pradera base alfalfa de 2 y 3 años						

¹Alimento balanceado adquiridos fuera del predio

Huella de carbono

La segunda herramienta utilizada fue el software “Calculador de Huella de Carbono en Tambo”(AACREA, 2017) que permite estimar las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de las fuentes de: dióxido de carbono (por el uso de energía para las tareas de laboreo, cosecha y secado), óxido nitroso (por aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados, emisiones provenientes del estiércol y efluentes) y metano (por fermentación entérica, y emisiones provenientes del estiércol por deposición a campo y/o manejo).

Tabla 19. Esquema de resumen de resultados del Calculador de emisiones para tambo - CREA

Table 19. Emission Calculator for Dairy farm summary results scheme - CREA

1. Estimación de inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEIs)	Proviene de las actividades productivas del establecimiento. Unidad: CO ₂ ep
2. Comparación de la principal fuente de GEIs con valores promedios mundiales	Fermentación entérica (t CO ₂ eq cab año ⁻¹ y litro de leche producido)
3. Estimación de la Huella de carbono para leche fluida y quesos	GEIs emitidos para producir una unidad de producto

El calculador posee una interfaz gráfica con los siguientes módulos de carga de datos: Establecimiento, Materias Primas, Cría y Tambo y Fábrica, y resultados.

En los resultados se accede en tres partes, en la parte 1, a la estimación de emisiones provenientes de las actividades productivas del establecimiento en el periodo considerado (Tabla 19), estas se indican en CO2 equivalente (CO2eq) que permite sumar entre sí las cantidades de los distintos GEI. En la parte 2, se accede a una sección comparativa de las principales fuentes de GEIs. Y Finalmente en la parte 3, se estima la Huella del carbono para leche fluida y quesos.

Tabla 20. Supuestos utilizados en el Calculador de Huella de Carbono en Tambo AACREA (2017).

Table 20. Assumptions used in the Carbon Footprint Calculator in dairy AACREA (2017)

Sistema	SR	A1	A2	A3	A4	A5
Materias primas						
Combustible Diesel (litros año ⁻¹)	17.931	17.931	17.931	16.944	17.931	16.678
Electricidad (kwh año ⁻¹)	47.712	47.712	47.712	47.712	47.712	47.712
Producción de maíz silo (t año ⁻¹)	881,5	881,5	881,5	806,4	752,5	652,8
Fosfato di amónico (kg año ⁻¹)	15.547	15.547	15.547	20.803	13.317	18.317
UAN (kg año ⁻¹)	10.660	10.660	10.660	14.490	9.100	11.730
UREA (kg año ⁻¹)	6.150	6.150	6.150	4.000	5.250	6.250
Alimento balanceado (t año ⁻¹)	896	896	1.134,4	896	1.134,4	1.134,4
Rodeo						
Vacas en ordeño (cabezas)	284	284	284	284	284	284
Peso (kg cabeza ⁻¹)	590	590	590	590	590	590
Producción						
Producción individual diaria (litros VO día ⁻¹)	24	26,7	28,6	23,9	27,8	26,9
Grasa Butirosa (% en peso)	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55
Alimentación						
Concentrado (%)	34	33	44	35	44	45
Silaje (%)	34	35	30	34	31	32
Pastura/verdeo (%)	32	32	26	31	25	23
Forma de manejo						
Ordeño/espera (hs día ⁻¹)	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Suplementación en comedero fijo (hs día ⁻¹)	4	4	4	4	4	4
Pastura	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5

La metodología utilizada en el calculador es la indicada en las “Directrices del IPCC del 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Intergovernmental Panel of Climate Change – IPCC).

El IPCC es un órgano técnico de Naciones Unidas para la temática relacionada al estudio del Cambio Climático. En la Tabla 20 se describen los datos ingresados al Calculador de Huella de Carbono en Tambo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Balance de nutrientes

En la Tabla 21 se transcriben los datos productivos obtenidos en el Capítulo 4 (Tabla 15) del Sistema de referencia (SR) y Alternativas de intensificación.

Tabla 21. Datos productivos del sistema de referencia (SR) y las diferentes alternativas de intensificación.

Table 21. Productive data of the reference system (RS) and the different intensification alternatives

	SR	A1	A2	A3	A4	A5
Productividad (litros/ha por año)	11.715	12908	13.858	14.758	15602	20.690
Producción de GB (kg/ha/año)	416	458	492	524	554	734
Producción de Proteína (kg/ha/año)	387	428	460	487	517	685
Materia seca total consumida (kg MS/ha/año)	13.111	14.035	13.703	16.299	15.487	20.449

En la Tabla 22 se observan los resultados del balance de nitrógeno y fósforo por hectárea. Los balances de ambos elementos son positivos para todos los sistemas y se incrementan con el incremento de la carga animal. Al aumentar el rendimiento de los cultivos en los sistemas más intensivos (Tabla 12), se generaron aumentos en los ingresos de N a través de la fijación simbiótica de N₂ atmosférico, y fertilización. Los valores de exceso de N expresado por litro de leche producida son similares a promedios de otros países (19,54 g de nitrógeno por litro de leche año⁻¹, Spears et al., 2003a) y superiores a los 15,2 g de nitrógeno por litro de leche año⁻¹ reportados para la misma región en un estudio previo (Herrero et al., 2006). Al igual que en el presente estudio, los tambos evaluados en otros países son superiores en producción de leche que los tambos considerados en el estudio de Herrero et al (2006), pudiendo ser ese el motivo de la diferencia de exceso de N por litro de leche año⁻¹.

Se observa en el presente estudio que todas las alternativas de intensificación del sistema lechero obtuvieron mayor eficiencia de utilización de nutrientes (Egreso Totales/Ingresos Totales x 100) que el SR en la utilización del N por hectárea.

En el caso del fósforo, sus balances por hectárea son positivos, debido básicamente al ingreso por fertilizante y concentrados comprados. En los sistemas donde se intensificó por medio de aumento de fertilizaciones y de carga animal y mayor cantidad de concentrado por ha, el balance de fósforo es el doble respecto al sistema de referencia. Si el exceso de fósforo en el predio se distribuiría adecuadamente, se podría contrarrestar la situación de déficit de este elemento en los suelos de la región bajo estudio (Lara et al., 2019). Sin embargo, existe riesgo de contaminar sectores puntuales del predio, tales como callejones y sectores de encierro de animales.

Tabla 22. Resultados del Calculador de balance de nutrientes.**Table 22.** Nutrient Balance Calculator results

Egresos de nutriente por venta de leche	SR	A1	A2	A3	A4	A5
Nitrógeno (kg ha año ⁻¹)	58	63.9	68.6	73.1	77.2	102.4
Fósforo (kg ha año ⁻¹)	10.1	11.1	11.9	12.7	13.4	17.8
Egresos de nutriente por venta de carne						
Nitrógeno (kg ha año ⁻¹)	7.3	7.3	7.3	9.4	8.5	11.6
Fósforo (kg ha año ⁻¹)	1.9	1.9	1.9	2.5	2.2	3.1
Egreso total de nutrientes						
Nitrógeno (kg ha año ⁻¹)	65.3	71.2	75.9	82.4	85.7	114.0
Fósforo (kg ha año ⁻¹)	12.0	13.0	13.8	15.2	15.7	20.8
Ingresos Precipitaciones						
Nitrógeno (kg ha año ⁻¹)	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Ingresos Animales/producción de carne						
Nitrógeno (kg ha año ⁻¹)	7.0	7.0	7.0	8.9	8.0	11.0
Fósforo (kg ha año ⁻¹)	1.8	1.8	1.8	2.3	2.1	2.9
Ingresos de nutrientes por Fertilizantes						
Nitrógeno (kg ha año ⁻¹)	42.2	42.2	42.2	61.2	41.8	73.5
Fósforo (kg ha año ⁻¹)	20.6	20.6	20.6	45.9	20.5	48.4
Ingresos de nutrientes por alimentos						
Nitrógeno (kg ha año ⁻¹)	107.2	107.2	135.7	137.4	157.0	215.1
Fósforo (kg ha año ⁻¹)	14.7	14.7	18.6	18.8	21.5	29.4
Ingresos por fijación simbiótica N₂ atmosférico	152.9	152.9	152.9	173.5	153.0	175.8
Ingreso total de nutrientes						
Nitrógeno (kg ha año ⁻¹)	316	316	344	388	366	482
Fósforo (kg ha año ⁻¹)	37	37	41	67	44	81
Balance (Ingreso total-Egreso total)						
Nitrógeno (kg ha año ⁻¹)	250.6	244.7	268.5	305.1	280.7	368.0
Fósforo (kg ha año ⁻¹)	25.1	24.1	27.2	51.9	28.4	59.9
Nitrógeno (g litro de leche año ⁻¹)	21.4	19.0	19.4	20.7	18.0	17.8
Fósforo (g litro de leche año ⁻¹)	2.1	1.9	2.0	3.5	1.8	2.9
Eficiencia de utilización (Egreso total/Ingreso total x 100)						
Nitrógeno (%)	20.7	22.5	22.0	21.3	23.4	23.7
Fósforo (%)	32.4	35.1	33.8	22.6	35.5	25.8

Huella de carbono

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, se observa en la Tabla 23 que, los sistemas que emplearon como estrategia de intensificación el aumento del porcentaje de alimento concentrado en la dieta, obtuvieron los valores más bajos de kg CO₂eq emitido por litro de leche.

Tabla 23. Resultados de emisiones de gases de efecto invernadero.

Table 23. Results of greenhouse gas emissions

	SR	A1	A2	A3	A4	A5
Materias primas						
Fertilizantes/residuos N ₂ O (tn CO ₂ eq año ⁻¹)	123	123	155	123	155	155
Energía CO ₂ (tn CO ₂ eq año ⁻¹)	137	138	154	134	154	150
Fertilizantes N ₂ O (tn CO ₂ eq año ⁻¹)	61	61	61	70	52	68
Total	321	321	370	327	362	373
Cría y Tambo						
Fermentación entérica CH ₄ (tn CO ₂ eq año ⁻¹)	954	1.012	1009	948	994	974
Manejo de estiércol CH ₄ (tn CO ₂ eq año ⁻¹)	2	2	2	2	2	2
Manejo de estiércol N ₂ O (tn CO ₂ eq año ⁻¹)	21	21	23	21	23	22
Estiércol en pasturas CH ₄ (tn CO ₂ eq año ⁻¹)	13	14	13	13	13	13
Estiércol en pasturas N ₂ O (tn CO ₂ eq año ⁻¹)	334	353	393	331	384	373
Efluentes N ₂ O (tn CO ₂ eq año ⁻¹)	9	9	9	9	9	9
Energía CO ₂ (tn CO ₂ eq año ⁻¹)	67	67	66	63	66	63
Total	1399	1478	1515	1388	1491	1457
Total del establecimiento (tn CO₂eq año⁻¹)	1720	1798	1886	1714	1853	1830
Huella del carbono (litro de leche)						
N ₂ O (kg CO ₂ eq litro de leche ⁻¹)	0,22	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23
CH ₄ (kg CO ₂ eq litro de leche ⁻¹)	0,39	0,37	0,35	0,39	0,35	0,35
CO ₂ (kg CO ₂ eq litro de leche ⁻¹)	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08
Total (kg CO ₂ eq litro de leche ⁻¹)	0,69	0,65	0,64	0,69	0,64	0,66
Superficie Tambo (tn CO ₂ eq ha ⁻¹)	8	8	9	10	10	14
N ₂ O (% de emisión CO ₂ eq ha ⁻¹)	32%	32%	34%	32%	34%	34%
CH ₄ (% de emisión CO ₂ eq ha ⁻¹)	56%	57%	54%	56%	54%	54%
CO ₂ (% de emisión CO ₂ eq ha ⁻¹)	12%	11%	12%	12%	12%	12%

El sistema de referencia del presente estudio (SR) obtuvo los valores mayores de emisión por litro de leche (Tabla 23). Es decir que todas las alternativas de intensificación evaluadas permitirían reducir las emisiones por litro de leche.

En cuanto a las emisiones de GEI por hectárea, en todas las alternativas, las emisiones son mayores que en SR, debido a la mayor productividad por hectárea. Incluso los resultados del presente estudio fueron superiores a los registrados en la zona pampeana por Kruger et al. (2009) y Frank (2007), debido a la mayor productividad de los sistemas evaluados en el presente estudio respecto a estudios previos.

En los sistemas más intensificados, se observó una menor proporción de CH₄ (54%) sobre el total de gases emitidos por hectárea que en los sistemas de menor intensificación. En contraposición, las emisiones de N₂O fueron mayores en los sistemas más intensificados.

En el SR y A3 se observan los mayores valores de emisión de gases por unidad de producto (0,69 kg CO₂eq litro de leche⁻¹), es decir, mayor cantidad de GEI emitidos para producir un litro de leche (menor eficiencia emisión/producción). En el caso de A3, la alta productividad de 14.758 litros de leche por ha año, parece no compensar la baja emisión total anual (Tabla 23).

Relación resultados ambientales y económicos

En el Gráfico 3 se relaciona el balance de N y el resultado económico con la intensificación (representada por la productividad en litros ha año⁻¹). A la fuerte correlación positiva entre la productividad y el resultado económico se contraponen a una disminución del N requerido para la producción del litro de leche con una correlación importante ($r = -0.71$) y demuestra la mayor eficiencia de utilización de este elemento al aumentar la intensificación (Gráfico 3).

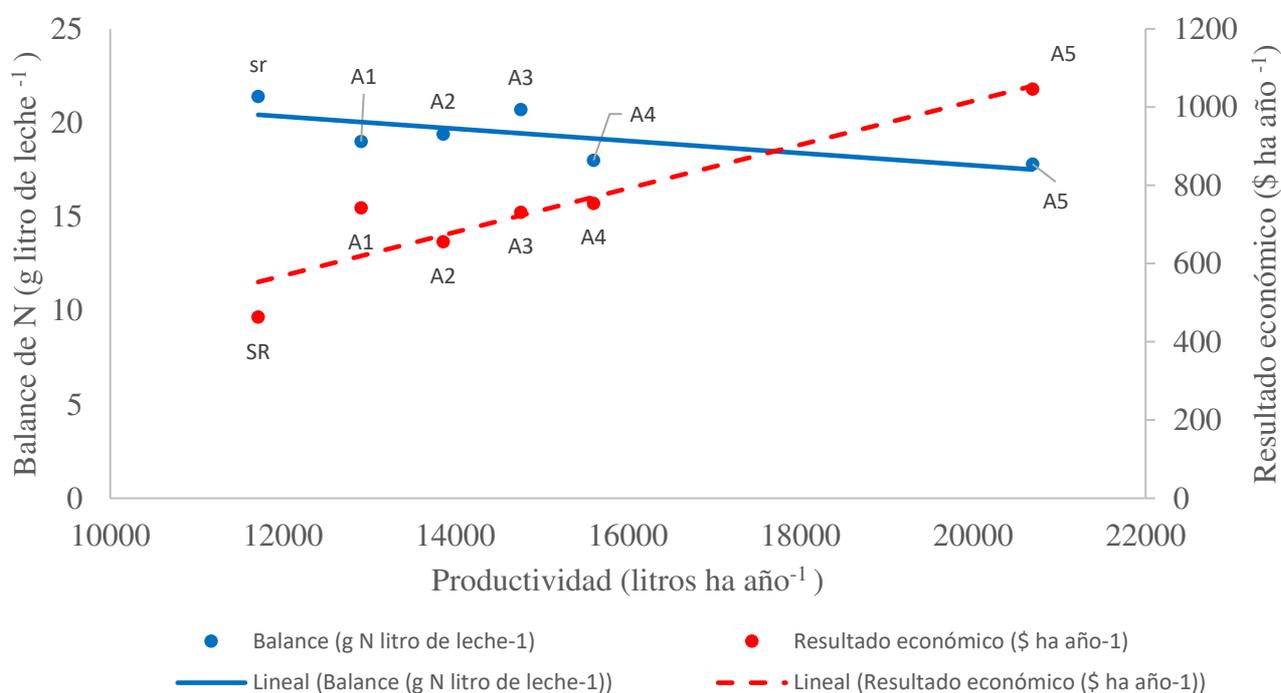


Gráfico 3. Relación entre el balance de N en g por litro de leche y el resultado económico de acuerdo a la variación en la intensificación (variable de resultado de productividad) del sistema de referencia (SR) y alternativas de intensificación (A1, A2, A3, A4 y A5)

Graph 3. Relationship between the balance of N in g per liter of milk and the economic result according to the variation in intensification (productivity result variable) of the reference system (RS) and the intensification alternatives (A1, A2, A3, A4 and A5)

En el gráfico 4 se observa la fuerte correlación positiva ($r=0,93$) entre la intensificación (representada por la productividad en litros ha año⁻¹) y el resultado económico (\$ ha año⁻¹). En contraposición, a medida que se intensifica, la intensidad de emisión de gases (kg CO₂ ep litro leche⁻¹) se mantiene estable, con una mínima tendencia a la baja, cada 1000 litros de aumento en la productividad, bajan las emisiones en solo 0,00125 kg CO₂ ep litro leche⁻¹.

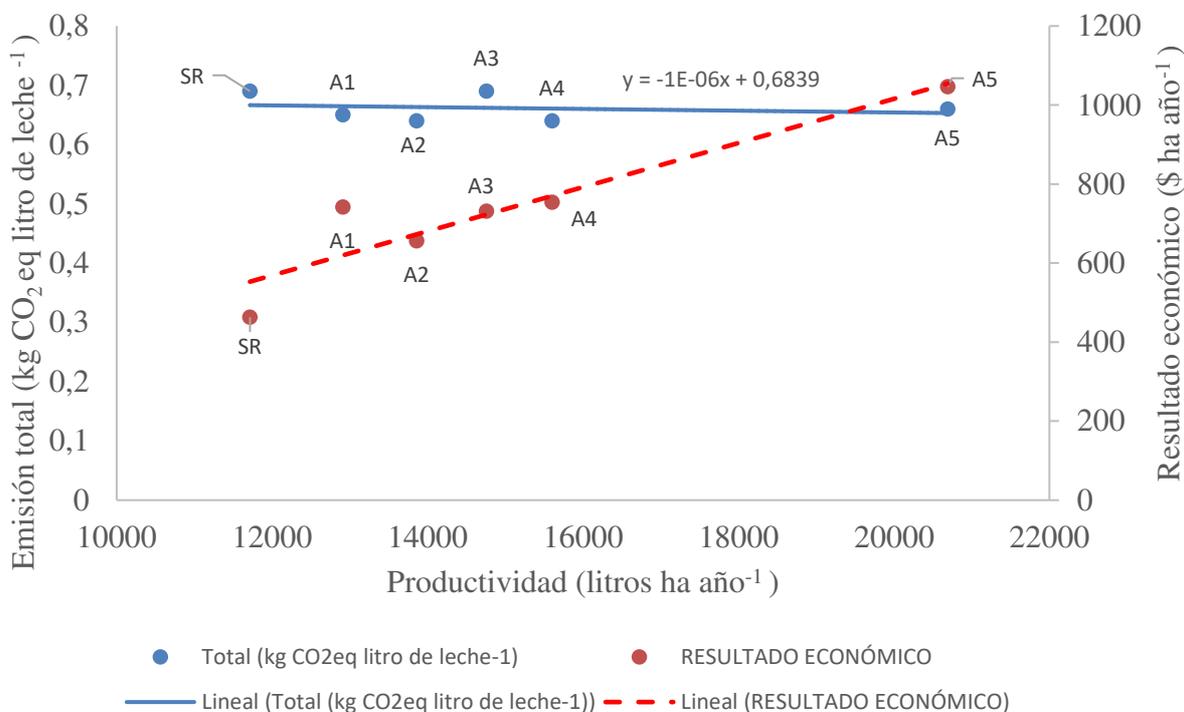


Gráfico 4. Relación entre emisión total de kg de CO₂ eq por litro y el resultado económico, con la variación en la intensificación (variable de resultado de productividad) del sistema de referencia (SR) y las alternativas de intensificación (A1, A2, A3, A4 y A5).

Graph 4. Relationship between the total emission of kg of CO₂ eq per liter of milk and the economic result, with the variation in intensification (productivity result variable) of the reference system (RS) and the intensification alternatives (A1, A2, A3, A4 and A5).

Este resultado contrasta con lo referido por Gil y Rebuelto (2014) quienes revisaron estudios y reportan que la emisión disminuye a medida que se incrementa la productividad. En la presente tesis la tendencia a la baja es inferior a la reportada por dichos autores. Esto podría deberse a que las estrategias que generan mayor incremento de la productividad, mayor intensificación, lo hicieron a partir del aumento de la carga animal, lo que conlleva a un incremento en emisiones relacionadas al mantenimiento del animal

CONCLUSIONES

Si bien el incremento de productividad de los sistemas intensificados generó balances positivos más elevados en kg de N por ha que el sistema de referencia, se observó que todas las alternativas de intensificación

investigadas en el presente estudio resultaron en una mayor eficiencia de utilización de nutrientes (Egresos Totales/Ingresos Totales x 100) que el SR en la utilización del N.

En el caso del fósforo, en los sistemas donde se intensificó por medio de aumento de fertilizaciones y de carga animal y mayor cantidad de concentrado por ha, el exceso de fósforo en el balance fue el doble respecto al sistema de referencia. Si el exceso de fósforo en el predio se distribuye adecuadamente, se podría contrarrestar la situación de déficit de este elemento en los suelos de la región bajo estudio. Sin embargo, existe riesgo de contaminar sectores puntuales del predio, tales como callejones y sectores de encierro de animales.

Todas las alternativas de intensificación evaluadas permitirían reducir las emisiones por litro de leche. En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, los sistemas que emplearon como estrategia de intensificación, el aumento del porcentaje de alimento concentrado en la dieta, obtuvieron los valores más bajos de kg CO₂eq emitido por litro de leche.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACREA (2017). Asociación argentina de consorcios regionales de experimentación agrícola. Calculador de emisiones para tambos Versión 4. Disponible en: <https://www.crea.org.ar/calculador-de-huella-de-carbono-en-tambo/>
- Alvarez, H.; M. Pece; M. Larripa; L. Dichio; M. Martínez y J. Galli (2010). “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. 17 p.
- Baudracco, J.; N. LopezVillalobos; C. Holmes; E. Comeron; K. MacDonald & T. Barry (2013). E-Dairy: a dynamic and stochastic whole-farm model that predicts biophysical and economic performance of grazing dairy systems. *Animal* 7, 870–878
- Breves, G. & B. Schöder (1991). Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nut. Res.Rev.* 4: 125-140
- Carbó, L.; S. Gil; M. Herrero y L. Marocchi (2014). Sistemas ganaderos intensificados: manejo productivo integral para mitigar impactos ambientales y sanitarios. FCV UBA, Programa UBACyT. Disponible en: <http://www.fvet.uba.ar/proyectoareaagricola>.
- Centeno, A. (2013). Intensificación en el tambo. ¿Qué cambió? Hoja de información técnica. INTA UEEA San Francisco. Vol. Julio 2013, N°33.ISSN: 2250-8546.
- Ferraro, D.; C. Ghera & G. Sznajder (2003). Evaluation of environmental impact indicators using fuzzy logic to assess the mixed cropping systems of the Inland Pampa, Argentina. *Agric Ecosyst Environ* 96:1-18
- FCV UBA, (2017). Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires. Calculador de balances de nutrientes. Disponible en <http://www.fvet.uba.ar/proyectoareaagricola/index.php>

- Frank, F. (2007). Impacto agroecológico del uso de la tierra a diferentes escalas en la Región Pampeana de Argentina. Tesis, requisito M.Sc. Fac.de Ciencias Agrarias, Univ.Nac. de Mar del Plata. 164 pp.
- Foot, K.; M. Joy & R. Death (2015). New Zealand dairy farming: milking our environment for all its worth *Environ. Manage*, 56 (2015), pp. 709-720
- Ghersa, C.; D. Ferraro; M. Omacini; M. Martinez-Ghersa; S. Peleman; E. Satorre y A. Soriano (2002). Farm and landscape level variables as indicators of sustainable landuse in the Argentine Inland Pampa. *Agric Ecosyst Environ* 93:279-293
- Gil, S. y M. Rebuelto (2014). Gases de efecto invernadero. La producción animal y el ambiente. Bmpress. ISBN: 978-987-1500-15-5, pp. 181-192
- Herrero, M.; S. Gil; M. Flores; G. Sardi & A. Orlando (2006). Balances de nitrógeno y fósforo a escala predial, en sistemas lecheros pastoriles en Argentina. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179114159001>. ISSN 1514-6634 [Fecha de consulta: 17 de junio de 2019]
- Krüger, H.; S. Lagrange; R. López; C. Presa, y S. Venanzi (2009). Sustentabilidad ambiental de explotaciones agropecuarias del sur de la Provincia de buenos aires. Diagnostico preliminar basado sobre la aplicación Del modelo agrocoindex®. Ponencia presentada en las VI Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales. CIEA, Fac. de Ciencias Económicas, UBA. 11 al 13 de noviembre de 2009. Buenos Aires.
- Lara, R.; J. Baudracco y B. Lazzarini (2019). Caracterización tecnico-productiva de fincas lecheras Del noreste de la provincia de buenos aires, argentina. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* (2019) 35(2): 186-195.
- Lebacqz, T.; P. Baret & D. Stilmant (2013). Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 33, pp. 311-327
- McCown, R.; G. Hammer; J. Hargreaves; D. Holzworth, & D. Freebairn (1996). APSIM: a novel software system for model development, model testing, and simulation in agricultural systems research. *Agricultural Systems* 50:255-271.
- Piñero, M. y F. Villarreal (2005). "Modernización agrícola y nuevos actores sociales". *Ciencia Hoy* 15 (87):32-36.
- Solbrig, O. y E. Viglizzo (1999). Sustainable farming in the Argentine pampas : history, society, economy and ecology. Paper N° 99/00-1 DRCLAS (Working papers on Latin America); Cambridge: Harvard University Cambridge
- Spears, R.; R. Kohn & A. Young (2003a). Whole-farm Nitrogen Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Science* 86 (12): 4178-4186
- Spears, R.; A. Young & R. Kohn (2003b). Whole-farm Phosphorus Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Science* 86 (2): 688-695

- Tamminga, S. (1996). A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74: 3112-3124
- ten Napel, J.; A. van der Veen; S. Oosting & P. Koerkamp (2011). A conceptual approach to design livestock production systems for robustness to enhance sustainability. *Livest Sci* 139:150–160. doi: 10.1016/j.livsci.2011.03.007
- Thomassen, M. & I. de Boer (2005). Evaluation of indicators to assess the environmental impact of dairy production systems. *Agr. Ecosyst. Environ.* 111, 185–199
- Tieri, M.; A. La Manna; F. Montossi; G. Bancharo; J. Mieres y E. Fernandez (2013). El balance de nutrientes en 36 predios comerciales del GIPROCAR II (FUCREA/ INIA): “Una primera aproximación al proceso de intensificación en sistemas Agrícola-Ganaderos y su potencial impacto en el ambiente”. *Invernada de precisión: Pasturas, Calidad de Carne, Genética, Gestión Empresarial e Impacto Ambiental (GIPROCAR II)*. Cap IV. ©INIA. Serie Técnica N° 211. 129-136
- Tieri, M.; V. Charlón; E. Comerón; P. Engler, P.; M. Herrero; García y M. Pece (2014). Indicadores utilizados para evaluar la sustentabilidad Integral de los sistemas de producción de leche con Énfasis en el impacto ambiental. *INTA Publicación Miscelánea ISSN 2314-3126 Año 2 – N° 1*. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_indicadores_utilizados_para_evaluar_sustentabili.pdf
- Viglizzo, E.; F. Lértora; A. Pordomingo; J. Bernardos; Z. Roberto & H. Del Valle (2001). Ecological lessons and applications from one century of low external-input farming in the pampas of Argentina. *Agriculture Ecosystems and Environment, Zürich*, v. 83, p. 65-81.

Capítulo 6

Discusión general y conclusiones

En el presente estudio se realizó una evaluación productiva, económica y ambiental de tambos de la región Abasto Buenos Aires, para luego evaluar el efecto de estrategias de intensificación sobre la sustentabilidad económica y ambiental. Para ello se realizó un relevamiento exhaustivo a campo y luego se realizaron estudios de simulación.

Inicialmente, la intensificación en los sistemas lecheros de base pastoril en el mundo y en Argentina fueron revisados en el Capítulo 2, considerando, además, la dicotomía entre la producción individual y la producción por hectárea y su relación con la carga animal, la suplementación y el potencial de producción de alimentos. Temas inherentes a la intensificación, tales como la fertilización, la relación de áreas de pastura con áreas de cultivos, el potencial de producción de las vacas y la suplementación en planteos pastoriles también fueron desarrollados en dicho capítulo.

En el Capítulo 3, se realizó un relevamiento de 29 tambos para construir un sistema promedio de referencia, y simultáneamente para detectar los factores que podrían ser causantes de limitaciones productivas. Se confeccionó una guía de relevamiento para recopilar la información a campo. Se relevaron aspectos productivos, de infraestructura, de manejo y tecnología aplicada y de recursos naturales de los tambos.

En el Capítulo 4, utilizando los datos del SR se plantearon diferentes estrategias de intensificación, definidas por un equipo técnico integrado por dos investigadores, cuatro asesores y cuatro productores pertenecientes a los tambos relevados. La investigación se orientó hacia la problemática del productor, de manera de alcanzar, al final del proceso, conclusiones de impacto para los productores lecheros y sus empresas. Inicialmente, el equipo técnico definió las principales preguntas de investigación y en base a estas preguntas se formularon 5 sistemas productivos alternativos al SR.

Los sistemas alternativos contemplaron diversas estrategias de intensificación, en el primero se incrementó la eficiencia del uso de los alimentos como consecuencia de mejorar su manejo disminuyendo pérdidas (uso de reservas, suministro de concentrados y eficiencia de pastoreo de pasturas); en el segundo, se aumentó la cantidad de alimento concentrado y la calidad del mismo; en el tercero, se aumentó la carga animal (reduciendo la superficie) y se incrementó la producción forrajera (con fertilización y mejor manejo de los cultivos); en el cuarto, se aumentó la carga animal y se incrementó la cantidad de alimento concentrado por vaca y su calidad; y en el quinto, se aumentó la carga animal, la producción forrajera y el suministro en cantidad y calidad de alimento concentrado por vaca. Se evaluó para cada alternativa el resultado económico, productivo y el riesgo, utilizando modelos de simulación. La determinación de que el aumento de carga animal considerado en las alternativas de intensificación sea por medio de la reducción de superficie, se fundamentó en la escasa posibilidad de modificaciones de infraestructura para atender las limitantes halladas en el Capítulo 3 o de aumentar el número de animales (comprar vacas) por medio de accesos o disponibilidad de financiamiento para realizar la inversión pertinente.

En el Capítulo 5 se evaluaron dos indicadores, Balance de nutrientes y Huella del carbono para analizar el impacto ambiental, tanto del SR como de las alternativas de intensificación.

Es importante subrayar que en la metodología implementada en este trabajo, no se pueden evaluar impactos cuantitativos ante la modificación de limitantes halladas en el relevamiento de los tambos.

REVISION BIBLIOGRAFICA: APORTES GENERALES DEL CAPÍTULO 2

La producción agropecuaria y los sistemas lecheros intensificados

La intensificación de los últimos 50 años se considera como la principal responsable del aumento sustancial en la producción agrícola, inclusive de mayor importancia que el aumento debido a la expansión de la superficie cultivable (Pretty, 2013; Tilman et al., 2002 y Fuglie, 2012). Este aumento de producción agrícola, superior al crecimiento de la población, impulsó una mayor demanda de recursos naturales y una mayor incorporación de insumos, tal es el caso de los fertilizantes cuyo uso excesivo en algunos países incidió en un alto costo ambiental en términos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas por nitratos (Agrawal, et al., 1999), emisiones de N₂O (Garg et al., 2006), erosión del suelo (Kumar 2011) y una pérdida de almacenamiento de carbono en el suelo (Grace et al . 2012).

La producción láctea también se incrementó exponencialmente desde 1970, a causa de la intensificación (FAOSTAT, 2019), debido principalmente a un aumento en el número de vacas por hectárea, uso de ganado lechero genéticamente mejorado y aumento de los concentrados en la dieta de los animales (Caviglia-Harris, 2005). Todo esto condujo a un aumento de la necesidad de insumos externos (Foote, et al., 2015). Como característica común, en países lecheros de diferentes sistemas de producción como USA y Nueva Zelanda, hubo un aumento de la escala y un aumento en el número de vacas por tambo (USDA. NASS, 2012; Fairweather et al., 2008). Al momento de abordar la repercusión ambiental de la producción agrícola, en este Capítulo se incluyó el término “intensificación sostenible” (Pretty & Bharucha, 2014) o "intensificación ecológica" (Bommarco et al., 2013; Hochman et al., 2013; Tittonell, 2014), en la que se plantea el desafío, según Roche et al. (2018), de mejorar la eficiencia con la que se utilizan los recursos naturales, de modo que se pueda incrementar la cantidad de alimentos producidos con una simultánea reducción de la degradación ambiental, manteniendo o mejorando la calidad de vida del animal, y proporcionando un retorno económico sostenible al productor.

Sistemas lecheros de base pastoril en Argentina

Argentina también registró un proceso de concentración e intensificación de los tambos, en sintonía con los principales sistemas lecheros del mundo. Esto se deduce de la disminución de la cantidad de tambos, el aumento del tamaño de sus rodeos y la disminución de la cantidad de vacas, con mayor producción por vaca y por tambo, en los últimos 30 años (Lazzarini et al., 2019). A pesar de ello, la producción anual de leche del país se ha mantenido casi estable en las últimas dos décadas (OCLA, 2018; SENASA, 2018). La intensificación en Argentina consistió en la disminución de la proporción de pasturas en el total de la dieta y un aumento en la proporción de concentrados y reservas (Gastaldi et al., 2018).

De los resultados obtenidos en el capítulo de revisión bibliográfica y en los capítulos de relevamiento y simulaciones, se puede deducir que en la lechería argentina aún no se ha realizado una intensificación del nivel de la que ocurrió en los países desarrollados. Esto acarrea una oportunidad y un riesgo. La oportunidad es la de incrementar la productividad y la rentabilidad, aumentando la producción de forrajes a partir del mayor uso de fertilizantes (actualmente muy bajo) y de la carga animal, acompañado de la suplementación necesaria. Sin embargo, si la intensificación no es armoniosa, se corre el riesgo de repetir los problemas causados en otros países con el uso excesivo de fertilizantes y de excesos de nutrientes en los balances a nivel predial.

CARACTERIZACIÓN DE LOS TAMBOS RELVADOS: APORTES GENERALES DEL CAPÍTULO 3

Las limitantes, descritas en el Capítulo 3, dan cuenta de la falta de inversión en infraestructura, lo que podría impedir la expresión del potencial productivo posible de acuerdo con el nivel genético de las vacas y la alimentación. El resultado del análisis de correlación permite inferir que la sub dimensión de los tambos se debe al aumento de cantidad de vacas, sin la consecuente inversión de infraestructura.

La factibilidad de revertir las limitaciones consideradas requerirá, por un lado, de inversiones necesarias en infraestructura y se dependerá de la disponibilidad de medios de financiación para llevarlas a cabo, por otro lado, requerirá de un cambio drástico en la rutina de trabajo que contemple la atención de las limitantes referidas al manejo tecnológico, tal es el caso del monitoreo productivo de forrajes, aumentando su frecuencia, o de llevar a cabo análisis diagnóstico de fertilidad de suelos, para lograr mayor producción forrajera. También cabe analizar que esta mayor producción y utilización forrajera permitirá el aumento de carga animal, en cuyo caso este incremento será más factible por medio de la disminución de la superficie asignada que por el crecimiento del rodeo.

Al considerar distintos niveles de producción diaria, las limitantes en infraestructura son mayores en los tambos más grandes que en los medianos y chicos. Sin embargo, se destacan algunos aspectos referidos a un mejor manejo tecnológico. En los tambos chicos, las limitantes en el manejo tecnológico son las que podrían impedir el aumento de la carga animal y de esta forma el incremento de su nivel productivo.

La metodología e información derivada de este trabajo y similares, podrían ser considerados para posibles proyectos de inversión o toma de decisiones en otros establecimientos o regiones productivas.

ESTRATEGIAS DE INTENSIFICACIÓN: APORTES GENERALES DEL CAPITULO 4

1 - Eficiencia de uso de alimentos como estrategia de intensificación

Las pérdidas por ineficiente suministro de alimentos (reservas, concentrados, pasturas y verdeos) comprometen la eficiencia del sistema de producción de leche (Cominiello, 2010). La primera estrategia de intensificación evaluada en el Capítulo 4 consistió en un mejor manejo en la utilización de alimentos. En dicha estrategia de intensificación se lograron mayores niveles de productividad y rentabilidad con respecto al SR.

La ausencia de agregado de insumos y de capital en dicha estrategia, combinado con la utilización más eficiente de los alimentos generaron un marcado incremento de la rentabilidad al compararse con el resto de las alternativas analizadas en este estudio. La factibilidad de poder llevar a cabo esta estrategia requerirá una mayor eficiencia en el gerenciamiento del manejo forrajero, aumentando la frecuencia de monitoreo de pastoreos.

2 - Cantidad y calidad de concentrado como estrategia de intensificación

En la búsqueda de un incremento en la producción de leche, fue planteada esta estrategia de intensificación, aumentando la cantidad y calidad de suministro de alimentos concentrados, sin variación de la carga animal. Esta estrategia de intensificación generó un aumento en resultado económico respecto a SR, pero el aumento fue inferior al obtenido en la estrategia en la que se incrementó la eficiencia en el uso de los alimentos. A su vez, en el análisis de riesgo, la estrategia de incrementar la cantidad de concentrado generó resultados más extremos que las estrategias de incremento de producción de forrajes.

3 - Carga Animal como estrategia de intensificación

Según Romera & Doole (2016), en general, la elección de la carga animal es relativamente mucho más importante que la producción de leche por vaca en sistemas pastoriles sin subsidio al precio de la leche, como es el caso de Argentina y Nueva Zelanda, entre otros.

En esta estrategia de intensificación, al incrementar la carga animal acompañada de mayor producción de forrajes, e incrementó la producción de leche y sólidos útiles por ha por año, comparados a los sistemas en los que no se incrementó la carga animal. Sin embargo, las rentabilidades de los planteos de mayor carga animal no superan a los de menor carga animal, debido a la influencia del incremento del capital hacienda por ha año. No se observaron diferencias en las producciones individuales, en el mismo sentido con lo publicado por Romera & Doole (2016). Es interesante que este aumento de producción por hectárea, por el aumento de carga genera menos en el riesgo que planteos donde se logran altas producciones individuales debido a que estas últimas se relacionan a un mayor uso de concentrado por vaca.

Para poder llevar a cabo esta estrategia donde se aumenta la carga animal, primero habrá que atender las limitantes tanto de infraestructura como las de la eficiencia en la producción forrajera, además de ver la disponibilidad de financiamiento. La otra posibilidad podría contemplar la disminución la superficie, manteniendo el número de vacas.

4 - Producción de forrajes como estrategia de intensificación

Según Lazzarini et al., (2019), en Argentina existe potencial para incrementar la producción de pasturas a través de mejorar el manejo de los cultivos. En esta estrategia de intensificación se contempló la posibilidad de un aumento en la producción forrajera mediante el incremento en cantidad de insumos utilizados en los cultivos (fertilizantes y plaguicidas). Este aumento en la producción forrajera impactó en el incremento en la producción de leche por hectárea por año, 26% comparando con el SR, asegurando que tal efecto de aumento

de producción necesita estar acompañado de un incremento en la carga animal que permita aprovechar, con el aumento de la eficiencia de pastoreo, esas altas producciones de forraje logradas.

El aumento en la producción estará condicionado en mejorar la producción forrajera tanto en calidad como en cantidad, no solo con el aporte de insumos (fertilizantes) sino en su aprovechamiento eficiente en los pastoreos.

Producción de leche en sistemas intensificados.

Tanto la producción de leche como los resultados económicos y las rentabilidades fueron superiores en todas las estrategias de intensificación evaluadas comparadas al SR. Sin embargo, no se observó la misma tendencia con respecto a las producciones individuales, donde los resultados son diversos. Ello se condice con lo reportado por Baudracco et al., (2017), quienes señalan que las alternativas con mayores niveles de producción por vaca no necesariamente generan mejores resultados económicos en sistemas lecheros de Argentina, con precio de leche relativamente bajo debido a la ausencia de subsidios.

Los mejores resultados de productividad, económicos y de rentabilidad de las estrategias de intensificación respecto al SR, permiten afirmar que existe margen de mejora al sistema promedio de la zona en estudio (SR). Las estrategias de intensificación que implican aumento de carga y producción de forrajes, (alternativa factible ya que, como se mencionó, existe potencial de producción mejorando la dosificación de fertilizantes), aumentan la producción de leche por hectárea año y el resultado económico, debido al aumento de la eficiencia de cosecha y el consumo de materia seca. Sin embargo, al aumentar el capital (hacienda e infraestructura) obtienen menor rentabilidad que aquellas alternativas que solo incrementan la eficiencia en la utilización de alimentos.

Las estrategias que incrementaron la suplementación con concentrados por vaca o el incremento de la producción forrajera, dieron resultados económicos similares, por ello, la relación insumo producto en el momento de análisis será el determinante de la conveniencia o no de implementar una u otra alternativa.

Alternativas de intensificación que implican incremento de la carga animal, la producción forrajera y el suministro de concentrados (en cantidad y calidad), no resultaron en mayor rentabilidad que alternativas menos intensivas, ya que es fuerte la influencia del incremento del capital hacienda e infraestructura.

El análisis de riesgo en el que se aleatorizó en simultáneo el rendimiento de los cultivos, el precio de la leche y el precio del alimento concentrado permitió obtener una percepción del riesgo en la adopción de tecnología. Así, se observó que la alternativa de mayor eficiencia en el uso de los alimentos, al tener menor dependencia a valores del mercado de insumos, fue la menos riesgosa (valor extremo de resultado económico negativo menor), incluso menor a SR. Las alternativas de intensificación dependientes de los valores de mercado de insumos y productos requerirán un manejo financiero pormenorizado para poder afrontar los años con menores resultados económicos. En el caso de la alternativa de mayor intensificación (A5) dicho manejo deberá ser aún más riguroso. Las estrategias de intensificación que implicaron mayor consumo de alimentos

concentrados y que no incrementaron la producción de forrajes, generan mayor variación de resultados económicos esperados.

Factibilidad de estrategias de intensificación.

La factibilidad de llevar a cabo, en la realidad o bajo las condiciones actuales, las estrategias de intensificación propuestas en este trabajo se analizan a continuación:

El aumento de la carga animal (A3, A4 y A5) debería plantearse por la reducción de la superficie y no por aumento en el número de animales, ya que será difícil hacerlo dadas las limitantes de infraestructura actual.

En la que se refiere mejorar el consumo de pasturas (A1, A3 y A5), el muestreo o monitoreo de pastoreo es poco frecuente y hay escasa intensificación de gerenciamiento de manejo de pastoreo. Es indispensable llevar a cabo un incremento en el monitoreo del uso de los alimentos y establecer mediciones como rutina para que sea factible de implementar la estrategia. Además, debería tenerse en cuenta la mejora en la provisión de agua (más aguadas y menores distancias para acceder a ellas) para mejorar dicho aprovechamiento de pasturas.

La propuesta de aumentar la producción de forraje (A3 y A5), es factible si se implementan herramientas y metodologías de diagnóstico para lograr mayor eficiencia en el uso de los insumos, sobre todo considerando limitantes en aspectos de recursos naturales (suelos con baja provisión de fósforo) hallados en el relevamiento de este trabajo.

SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LOS SISTEMAS LECHEROS: APORTES GENERALES DEL CAPÍTULO 5

La mayor eficiencia en la utilización del nitrógeno fue observada en todas las alternativas de intensificación que generaron balances en kg de N por hectárea mayores que el SR.

Las alternativas de intensificación donde se incrementó la cantidad de fertilizantes, la carga animal y la cantidad de alimento concentrado por hectárea el exceso de fósforo en el balance fue el doble respecto al SR.

Las emisiones GEI por litro de leche fueron menores en las alternativas con mayor intensificación (más aún en las alternativas con mayor utilización de concentrado por vaca, A2, A4 y A5).

La metodología utilizada para medir la sustentabilidad ambiental es simple y práctica. Puede ser utilizada con cierta frecuencia en tambos de esta u otras cuencas para permitir analizar su evolución en el tiempo u observar posibles desviaciones que deriven de nuevas alternativas de intensificación.

CONSIDERACIONES FINALES

La metodología de relevamiento empleada en esta tesis es simple, efectiva y focalizada en detectar limitantes (causas). La forma de medir la sustentabilidad ambiental también es simple y práctica.

La producción láctea es dinámica en el tiempo y esta metodología podría ser utilizada con cierta frecuencia en tambos de esta cuenca para permitir analizar la evolución de los sistemas productivos y observar

posibles desviaciones que deriven en nuevas alternativas de intensificación y resultados. Además, podría ser aplicable en otras cuencas, considerando las modificaciones que sean pertinentes a las situaciones propias de ellas que difieran a las planteadas en este trabajo, aportando a la mejora de resultados productivos y ambientales. Sin embargo, la proximidad a la potencialidad productiva dependería de la factibilidad de aplicación de las alternativas que pudieren plantearse y para ello, es indispensable el aporte participativo de todos los actores que intervienen en el proceso productivo.

Una limitante del modelo es no poder predecir el impacto en la producción, en porcentaje, que se esperaría luego de una mejora en la estructura, por no existir ecuaciones de estudios para tal fin.

Cabe, para futuras investigaciones, la implementación de la metodología empleada en esta tesis para el análisis de otras alternativas de producción que satisfagan nuevas demandas de los consumidores, tal es el caso, por ejemplo, de tambos orgánicos que atienden un mercado diferenciado y que están surgiendo en la cuenca.

CONCLUSIONES GENERALES

Las principales limitantes detectadas en los tambos relevados de la cuenca Abasto Buenos Aires fueron la insuficiente provisión de agua de bebida para el ganado, insuficiente cantidad de sombras para las vacas, instalaciones de ordeño antiguas y sub dimensionadas y carencia de nutrientes de suelo. Estas limitantes impiden expresar el potencial genético de las vacas, a pesar de tratarse de tambos con niveles productivos superior a la media de Argentina.

Los resultados productivos y económicos obtenidos en las simulaciones de alternativas de intensificación mostraron que la intensificación puede mejorar el resultado económico de los tambos y en menor medida la rentabilidad.

El camino hacia una mayor productividad debería iniciarse a través del uso más eficiente de los insumos actuales, como se ha observado con los resultados de la alternativa de intensificación con mayor eficiencia en la utilización de los alimentos (A1). Esta mayor rentabilidad del sistema de intensificación A1 respecto a los otros es el de efecto lograr un mayor resultado económico con tecnologías de procesos (uso más eficiente de alimentos), sin incluir mayor inversión de capital en comparación con las restantes alternativas y al SR. La alternativa A1 requiere del compromiso de considerar el manejo tecnológico en cuanto a establecer como metodología rutinaria el monitoreo de producción y utilización de pasturas, reservas y concentrados, es decir implementar un gerenciamiento en el uso de los alimentos que en la actualidad es escaso.

En el análisis de riesgo efectuado a las alternativas de intensificación, se observó que al intensificar se requiere mejor manejo financiero para poder enfrentar los años con menores resultados económicos, debido a que la variabilidad en resultados económicos se incrementa a medida que se incrementa la intensificación.

La estrategia de incrementar la producción forrajera permitiría disminuir riesgos al lograr mayor independencia del mercado de insumos (alimentos concentrados).

Desde el punto de vista de impacto ambiental, se observó que los sistemas intensificados analizados en este estudio son más eficientes en porcentaje de utilización del nitrógeno que el SR (Egreso Totales/Ingresos Totales x 100). Aquellos sistemas intensificados a partir de mayor producción de forrajes (por mayor fertilización) y aumento de carga animal generarían mayor exceso de fósforo, en el balance predial, lo cual es una potencial fuente de contaminación, pero a su vez, si el exceso es bien manejado, se presenta la oportunidad de contrarrestar una de las limitantes de P diagnosticadas en esta tesis

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, los sistemas que emplearon como estrategia de intensificación el aumento del porcentaje de alimento concentrado en la dieta, obtuvieron los valores más bajos de kg CO₂eq emitido por litro de leche que sistemas que intensificaron a partir del aumento de la carga animal.

Como es esperable, las alternativas de intensificación evaluadas incrementan los GEI por ha, pero permiten reducir la intensidad de los mismos por litro de leche producido

Futuras investigaciones podrían explorar numerosas variantes en las alternativas de intensificación planteadas en este trabajo, tal es el caso y a modo de ejemplo, ¿qué resultados se obtendrían si se reduce la cantidad de silo y aumenta la de pasturas en alternativa 1 (A1)? ¿qué sucedería con el resultado económico y las emisiones de GEI si se reduce el suministro de alimentos concentrados en la misma alternativa de intensificación? ¿Cómo variarían los resultados económicos y ambientales si el incremento de la carga animal fuese por un aumento de animales? Y en ese caso ¿cómo afectaría a los aspectos considerados en el relevamiento? ¿Qué grado de riesgo implicarían?

En forma global, se concluye que existen oportunidades para incrementar la productividad y la rentabilidad en los sistemas lecheros de la Cuenca Abasto de Buenos Aires. No obstante, la intensificación debe ir acompañada de mejora en tecnologías de proceso sin incrementar la utilización de insumos, y se debe considerar que el aumento del riesgo frente a variaciones climáticas y de mercado, como así también se incrementa el potencial de impactar negativamente en el ambiente si no se realiza un manejo adecuado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrawal, G.; S. Lunkad; & T. Malkhed (1999). Diffuse agricultural nitrate pollution of groundwaters in India. *Water Science and Technology*, 39, 67– 75.
- Arnott, G.; C. Ferris & N. O'Connell (2017). Review: welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems. *Animal* 11:261–272
- Baudracco, J.; J. Maiztegui; J. Jáuregui; B. Lazzarini; A. Rosset y R. Gagliardi (2017). Productividad, resultado económico y riesgo de sistemas lecheros en el centro-norte de Argentina. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 33(2), 152-162. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902017005000501>
- Bell, M.; E. Wall; G. Russell; G. Simm & A. Stott (2011). The effect of improving cow productivity, fertility, and longevity on the global warming potential of dairy systems. *J. Dairy Sci.* 94, 3662e3678

- Bommarco, R.; D. Kleijn & S. Potts (2013). Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution* 28, 230–238.
- Casey, J.; N. Holden (2005). The relationship between greenhouse gas emissions and the intensity of milk production in Ireland. *J. Environ. Qual.* 34, 429–436
- Caviglia-Harris, J. (2005). Cattle accumulation and land use intensification by households in the Brazilian Amazon. *Agric. Resour. Econ. Rev.* 34:145–162
- Charlón, V.; J. Palhares; M. Herrero; A., La Manna and F. Salazar (2017). Environmental regulations of dairy effluent management in South American countries.
- Cominiello, S. (2010). Los procesos de trabajo en los tambos de las cuencas lecheras de Santa Fe y Córdoba. VI Jornadas de Sociología de la UNLP, 9 y 10 de diciembre de 2010, La Plata, Argentina. En Memoria Académica. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.5415/ev.5415.pdf
- Crosson, P.; L. Shalloo; D. O'Brien; G. Lanigan; P. Foley; T. Boland; D. Kenny (2011). A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. *Animal Feed Sci. Technol.* 166e167, 29e45
- Doyte, P.; C. Ho C.; D. Armstrong & R. MalcolmL (2004). Modelling feeding system efficiency and profitability of an irrigated dairy farm. *Animal Production in Australia*, 25, 45–48.
- FAOSTAT. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#compare>
- Fairweather, J. & S. Mulet-Marquis (2008). New Zealand farm structure change and intensification. Lincoln University, NZ. Research Report no. 301. 33 p.
- Foot, K.; M. Joy & R. Death (2015). New Zealand Dairy Farming: Milking Our Environment for All Its Worth. *Environmental Management* September 2015, Volume 56, Issue 3, pp 709–720. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0517-x>
- Fuglie, K. (2012). Productivity growth and technology capital in the global agricultural economy. In: Fuglie, K.O., Wang, S.L., Ball, V.E. (Eds.), *Productivity Growth in Agriculture: An International Perspective*. CAB International, Cambridge, pp. 335–368
- Gastaldi, L.; A. Cuatrin; M. Maekawa; G. Litwin; M. Marino; A. Centeno, A. y M. Moretto (2018). Informe de Lechería Pampeana del ejercicio 2016/2017. https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_encuesta_sectorial_lechera_2014_2015._descriptiva.pdf.
- Garg, A.; P. Shukla & M. Kapshe (2006). The sectoral trends of multigas emissions inventory of India. *Atmospheric Environment*, **40**, 4608–4620.
- Grace, P.; J. Antle; P. Aggarwal; S. Ogle; K. Paustian. & B. Basso (2012). Soil carbon sequestration and associated economic costs for farming systems of the Indo-Gangetic Plain: a meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 146, 137–146.
- Hochman, Z; P. Carberry; M. Robertson; D. Gaydon; L. Bell & P. McIntosh (2013). Prospects for ecological intensification of Australian agriculture. *European Journal of Agronomy* 44, 109–123

- Kumar, M. (2011). North East India: soil and water management imperatives for food security in a changing climate. *Current Science*, 101, 1119
- Lara, R.; J. Baudracco y B. Lazzarini (2019). Caracterización tecnico-productiva de fincas lecheras Del noreste de la provincia de buenos aires, argentina. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* (2019) 35(2): 186-195.
- Lazzarini, B.; J. Baudracco; G. Tuñon; L. Gastaldi; N. Lyons; H. Quattrocci & N. Lopez-Villalobos (2019). Review: Milk production from dairy cows in Argentina: Current state and perspectives for the future. *Applied Animal Science* 35:426-432. <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01842>
- OCLA (Observatorio de la Cadena Láctea Argentina) (2018). Balance Lácteo. <https://www.ocla.org.ar/contents/news/details/12114104-balance-lacteo>
- Pretty, J. (2013). The consumption of a finite planet: well-being, convergence, divergence and the nascent green economy. *Environmental and Resource Economics* 55: 475–499
- Pretty, J. & Z. Bharucha (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany* 114: 1571–1596, 2014. doi:10.1093/aob/mcu205, disponible en: www.aob.oxfordjournals.org
- Roche, J.; D. Berry; L. Delaby; P. Dillon; B. Horan; K. Macdonald & M. Neal (2018). Review: New considerations to refine breeding objectives of dairy cows for increasing robustness and sustainability of grass-based milk production systems. *Animal*, 12 s350–362 <https://doi.org/10.1017/S1751731118002471>
- Romera, A. & G. Doole (2016). Integrated analysis of profitable stocking-rate decisions in pasture-based dairy systems. *Grass Forage Sci*, 71: 90-101. doi:10.1111/gfs.12149
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) (2018). Distribución de establecimientos con actividad tambo bovino. https://www.senasa.gob.ar/prensa/DNSA/Control_Gestión_y_Programas_Especiales/Indicadores_ganaderos/7_Indicadores_Ganadería_Bovina_%20de_Tambo/Tambos.html
- Secretaría de Agroindustria (2018). Estadísticas lecheras. Accessed Nov. 20, 2018. http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadísticas/_01_primaria/index.php
- Tilman, D.; K. Cassman; P. Matson; R. Naylor & S. Polasky (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677.
- Tittonell, P. (2014). Ecological intensification of agriculture-sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 8, 53–61.
- USDA NASS, 2012. Census (2012). Disponible en: https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2012/Full_Report/Volume_1,_Chapter_1_US/usv1.txt

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento:

A Javier Baudracco, en primer término, por permitir profundizar mi pasión por el campo y la producción lechera, además de compartir sus conocimientos y sabiduría de manera humilde y generosa.

A la UNL y UNLu que me dieron la oportunidad de realizar este proyecto y especialmente a José Aguirre por preocuparse por su financiamiento.

A los productores CREA ZE, que me abrieron sus tranqueras y me dejaron acceder a toda su información.

A Belén Lazzarini por sus aportes y consejos para mejorar este trabajo, y a José Jaureguí por proporcionar información y experiencia.

A Florencia Freire por su ilimitada colaboración y esfuerzo para poder hacer el trabajo de campo.

A Graciela Vidales por su incentivo y apoyo permanente.

A Norma Villano que con su desinteresado apoyo permitió mi retorno al ámbito académico.

A Osvaldo y Juan por facilitarme tiempo para poder llevar a cabo este trabajo.

A mi madre, cuyo ejemplo y estímulo han sido guías en mi vida.

A Gabriela por haberme apoyado en todo momento, su compañerismo y amor incondicional.

A Lucía, la razón de mi vida.

Guía para relevamiento de tambos
Abasto Buenos Aires

* Items diferenciales o adicionados a la Guía de relevamiento descripta en Baudracco et al., 2014.

ENTREVISTA AL PRODUCTOR

Razón social

Localidad*

Sistema de producción

(Pastoril o confinado)

Tipo de confinamiento

Completar con una de las siguientes opciones:

100%de las VO encerradas todo el año

100%de las VO encerradas algunos meses

Algún/os lote/s de VO encerrados todo el año

Algún/os lote/s de VO encerrados algunos meses.

Fecha visita

Adjuntar plano o croquis a mano alzada del establecimiento con lotes (con sus has), ubicación del tambo, casas, molinos, aguadas callejones (vehículos y hacienda) y sombras naturales.

Indicadores globales del tambo (preguntas al productor)

1. **Superficie** (si posee más de un tambo, solo del tambo en cuestión)
.....a) Has **Vaca total** (ordeño más secas)
.....b) Has **propias dedicadas a tambo** (vacas ordeño más secas)
.....c) Has **alquiladas para tambo** (vacas ordeño más secas).

Nota: Has vaca total (VT): Superficie dedicada a tambo, incluye pasturas, verdes, y maíz/sorgo para silo siempre que este destinado a VT. La suma de a + b debe ser igual a c

2. **Uso del suelo (último ejercicio)**
a) Superficie de pastura
b) Superficie de maíz o sorgo para silo
c) Superficie de verdeo de invierno para pastoreo
d) Superficie de verdeo de invierno para silo
e) Superficie verdeo verano para pastoreo
f) Superficie improductiva
g) Otra superficie
h) Superficie total (suma de a hasta g, debe ser igual a Pregunta 1 ítem a)
3. **Alquiler (sólo el precio de las has alquiladas para VT). Completar lo que corresponda:**
\$/ha/mes.....
qq/soja/ha/año.....
Litros de leche/ha/año.....
Kg carne/ha/año.....
4. **Cantidad de vacas en ORDEÑE (promedio anual del último ejercicio)**
.....VO
5. **Cantidad de vacas SECAS+ PREPARTO (promedio anual del último ejercicio)**
..... Secas Parto
6. **Producción individual actual***
..... lts/VO/día
7. **Horario de ordeño VERANO:**
AM..... PM..... 3er ordeño:
8. **Horario de ordeño INVIERNO:**
AM..... PM..... 3er ordeño:
9. **Raza**
.....% del% del% deCantidad
Rodeo Holando rodeo cruza semen Jersey de toros Jersey
(compra 2013) en el campo
10. **% de mortandad terneros al parto en último ejercicio**
.....%
11. **% de mortandad en guachera en último ejercicio** (desde nacimiento hasta desleche. No incluye mortandad al parto, solo mortandad de terneros nacidos vivos).
.....%
12. **% de mortandad de vacas en último ejercicio**
.....%
13. **Producción de leche individual (promedio anual al último ejercicio)**
.....lts/VO/día

14. Producción de leche/ha VT/año (promedio anual al último ejercicio).

.....lts/ha/año

15. Clase de suelo para has VT (promedio):.....

%.....I – II

%.....III – V

%.....VI – VIII

16. Reservas compradas o traídas de campo propio (fuera de las has VT) en último ejercicio (cantidad)

..... Rollos de alfalfa (.....kg/rollo)

..... Rollos de..... (.....kg/rollo)

..... Megafardoskg/fardo

..... Fardos

.....metros de bolsa de silo de

Otro.....

17. Maquinaria. (Solo maquinaria que se utiliza para el tambo. NO incluir maquinaria que utiliza para prestar servicios o exclusivamente para agricultura)

Desmalezadora (antigüedad)	
Tractor 1 (HP y antigüedad)	
Tractor 2 (HP y antigüedad)	
Tractor 3 (HP y antigüedad)	
Mixer 1 (Capacidad y antigüedad)	
Mixer 2 (Capacidad y antigüedad)	
Mixer 3 (Capacidad y antigüedad)	
Generador (antigüedad)	

18. Cultivos de verano (para silaje, rollos o pastoreo) hechos en superficie VT y que se utilizan para alimentar vacas ordeño o secas.

Cultivo	Hectáreas (último ejercicio)	Rendimiento TOTAL último ejercicio (metros de bolsa)	Diámetro de bolsa (pies)
Maíz silo			
Sorgo silo			
Sorgo pastoreo		-----	-----
Soja silo			
Soja pastoreo		-----	-----
Moha		-----	-----

Nota: Superficie VT: Superficie dedicada a tambo que incluye pasturas, verdes, y maíz/sorgo para silo siempre que este destinado a VT. No contabilizar silaje para cría.

19. Suplementos comprados en último ejercicio

Alimento	Kg tal cual/mes (si compra los 12 meses)	Kg tal cual/año
Balanceado		
Expeller soja		
Afrechillo trigo		
Algodón (semilla)		
Maíz grano		
Sorgo grano		
Otro		
Otro		

20. Distancia casa/tambo

.....m

21. Instalación de ordeño

Año de construcción

Año de última modificación..... Qué se modificó

Ordeñadora: Antigüedad (años).....

Equipo de frío: Antigüedad (años).....

22. Recursos humanos presentes en el tambo

Nombre (sin apellido)	Dedicación (hs/semana)	Actividad (ordeño, guachera vaque. ,etc.)	Antigüedad en la empresa (años)	Ingreso mensual	Francos (días/mes)	Vacaciones (días/año)

23. Visita del Ingeniero agrónomo*

..... Frecuencia/año (días) ...Duración (hs)Pago de honorarios (a cuenta de)

24. Visita del Veterinario *

..... Frecuencia/año (días)Duración (hs)Pago de honorarios (a cuenta de)

25. Visita del Nutricionista*

..... Frecuencia/año (días)Duración (hs)Pago de honorarios (a cuenta de)

26. Visita de otro asesor (especialidad)*

..... Frecuencia/año (días)Duración (hs)Pago de honorarios (a cuenta de)

27. Funciones y actividades propietarios

Persona 1: ...Función 1Función 2Función 3

Persona 2: ...Función 1Función 2Función 3

Persona 3: ...Función 1Función 2Función 3

Persona 4: ...Función 1Función 2Función 3

28. Funciones y actividades empleados

Persona 1:	...Función 1	.....Función 2	.....Función 3
Persona 2:	...Función 1	.....Función 2	.....Función 3
Persona 3:	...Función 1	.....Función 2	.....Función 3
Persona 4:	...Función 1	.....Función 2	.....Función 3
Persona 5:	...Función 1	.....Función 2	.....Función 3
Persona 6:	...Función 1	.....Función 2	.....Función 3
Persona 7:	...Función 1	.....Función 2	.....Función 3
Persona 8:	...Función 1	.....Función 2	.....Función 3

29. Decisiones de los propietarios

Persona 1:	.....Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3
Persona 2:	..... Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3
Persona 3:	..... Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3
Persona 4:	..... Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3

30. Decisión de los empleados

Persona 1:	..... Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3
Persona 2:	..... Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3
Persona 3:	..... Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3
Persona 4:	..... Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3
Persona 5:	..... Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3
Persona 6:	..... Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3
Persona 7:	..... Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3
Persona 8:	..... Decisión 1	.....Decisión 2	.....Decisión 3

31. Retribución de los empleados

Persona 1:	..... % liquidación	.....\$/mes	.....Sueldo %mediero
..... años en el puesto*	..... años en empresa	..... Tipo de contrato*	
..... Recibo de sueldo*	.....Dedicación (hs/semana)		
Persona 2:	..... % liquidación	.....\$/mes	.....Sueldo %mediero
..... años en el puesto	..... años en empresa	..... Tipo de contrato	
..... Recibo de sueldo	.....Dedicación (hs/semana)		
Persona 3:	..... % liquidación	.....\$/mes	.....Sueldo %mediero
..... años en el puesto	..... años en empresa	..... Tipo de contrato	
..... Recibo de sueldo	.....Dedicación (hs/semana)		
Persona 4:	..... % liquidación	.....\$/mes	.....Sueldo %mediero
..... años en el puesto	..... años en empresa	..... Tipo de contrato	
..... Recibo de sueldo	.....Dedicación (hs/semana)		
Persona 5:	..... % liquidación	.....\$/mes	.....Sueldo %mediero
..... años en el puesto	..... años en empresa	..... Tipo de contrato	
..... Recibo de sueldo	.....Dedicación (hs/semana)		
Persona 6:	..... % liquidación	.....\$/mes	.....Sueldo %mediero
..... años en el puesto	..... años en empresa	..... Tipo de contrato	
..... Recibo de sueldo	.....Dedicación (hs/semana)		
Persona 7:	..... % liquidación	.....\$/mes	.....Sueldo %mediero
..... años en el puesto	..... años en empresa	..... Tipo de contrato	
..... Recibo de sueldo	.....Dedicación (hs/semana)		
Persona 8:	..... % liquidación	.....\$/mes	.....Sueldo %mediero
..... años en el puesto	..... años en empresa	..... Tipo de contrato	
..... Recibo de sueldo	.....Dedicación (hs/semana)		

- 32. Reuniones con el personal:**
 Mensual Anual Otra frecuencia.....
 Cuando hay algún problema Nunca

Manejo de pastura (preguntas al productor)

- 33. Composición de la pastura 1***
 Sp1 kg/ha.....
 Sp1 kg/ha.....

- 34. Composición de la pastura 2***
 Sp1 kg/ha.....
 Sp1 kg/ha.....

- 35. Composición de la pastura 3***
 Sp1 kg/ha.....
 Sp1 kg/ha.....

- 36. ¿Utilizó herbicida pre-siembra o pre-emergente en última campaña de siembra?**
 Si No
 % potreros en los que aplico herbicida

- 37. ¿Utilizó herbicida post- emergencia temprana en 2014?**
 Si No
 % potreros en los que aplico herbicida

- 38. Días barbecho en el primer potrero pastura que sembró en 2014: ***
 <30 30-60 60-90 >90

- 39. Fecha de siembra del primer potrero de pastura: ***
 ----/----/-----

- 40. ¿Utilizó semilla pre inoculada en 2014?**
 Si No

- 41. ¿De cuántos potreros de pastura sacó muestras de suelo antes de sembrar?:***
(cantidad)..... Ninguno

42. ¿Fertilizó pasturas a la siembra? *
 Si No
43. ¿Quién decidió la fertilización? *
44. ¿Qué porcentaje de la superficie de pastura renueva anualmente? *
 n°.....
45. Cantidad fertilizante por hectárea (a la siembra):
 Tipo..... kg.....
 Tipo..... kg.....
 Tipo..... kg.....
46. Cantidad fertilizante por hectárea (mantenimiento):
 Tipo..... kg.....
 Tipo..... kg.....
 Tipo..... kg.....
47. ¿Utilizó graminicida en pastura (verano 2013/2014)? *
 Si No

Manejo del cultivo de maíz/sorgo para SILO (preguntas al productor)

Manejo General (siembra último ejercicio)

48. Superficie de maíz de 1°
has totales.....has silo
49. Superficie de maíz de 2° **Proyectada***
has totales.....has silo
50. Superficie de sorgo *
has totales.....has silo
51. Días barbecho en maíz de primera para silo (lote más grande)
 <30 <60 60 – 90 >90
52. Días barbecho en sorgo para silo (lote más grande):*
 <30 <60 60 – 90 >90
53. Fecha de siembra cultivo (lote mas grande) *
54. Tipo de siembra*
55. Distancia entre líneas*
56. Cultivar de maíz de 1ª para silo (lote más grande):
 Si RR No RR Si Bt No Bt
57. ¿De cuántos potreros de maíz para silo sacó muestras de suelo?:
 n°
58. ¿Cuántos potreros sembró?
 n°
59. Cantidad fertilizante por hectárea:
 Tipo..... kg.....
 Tipo..... kg.....
 Tipo..... kg.....
60. ¿Cuántos potreros fertilizó?
n°

Manejo de verdes de invierno (preguntas al productor)

61. ¿Cuántos potreros sembró?
.....n°
62. Verdeo 1 especie
63. Verdeo 2 especie*
64. Fecha de siembra Verdeo 1 (lote mas grande)
65. Fecha de siembra Verdeo 2 (lote mas grande) *
66. Densidad de siembra Verdeo 1
67. Densidad de siembra verdeo 2*
68. ¿Cuántos potreros fertilizó?
.....n°
69. Fertilización
- | | | |
|-----------|------------|-------------------|
| Verdeo 1 | _____kg/ha | fertilizante..... |
| Verdeo 2* | _____kg/ha | fertilizante..... |

Manejo de verdes de Verano (preguntas al productor)

70. ¿Cuántos potreros sembró?
.....n°
71. ¿Cuántos potreros fertilizó?
.....n°
72. Fertilización
- | | | |
|-----------|------------|-------------------|
| Verdeo 1 | _____kg/ha | fertilizante..... |
| Verdeo 2* | _____kg/ha | fertilizante..... |

Reproducción (preguntas al productor)

73. Tipo de servicio (solo para vacas de tambo):
 Inseminación artificial 100% Insemina y usa Toro de repaso Toro 100%
74. Cantidad de toros funcionales en el tambo
.....
75. ¿Se realiza control sanitario de toros?
 Nunca 1 vez al año 1 vez en toda la vida útil del toro
76. ¿Quién anota los registros reproductivos? *
.....
77. ¿Quién analiza os registros reproductivos? *
.....
78. Criterio para la elección de semen*
 Precio Origen Toro probado Características específicas
79. ¿Compró semen sexado? *
.....cantidad de dosis/año uso

80. Distribución de partos por mes *

Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	
Junio	
Julio	
Agosto	
Septiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	

Instalaciones (preguntas al productor)

81. ¿Tiene servicio programado para chequeo de ordeñadora?
 Si No

82. En casos de servicio no programado, ¿cada cuánto realiza un chequeo de la ordeñadora?
 Cada 6 meses o menos De 6 a 12 Meses Más de 12 meses Cuando hay algún problema

83. Luego de cada chequeo, ¿le dejan un informe impreso con los resultados?
 Si No

84. Capacidad de la bomba de vacío (reportada en el informe, dentro del último año)lts.

85. Reserva efectiva de la bomba de vacío (reportada en el informe).lts.

Nota: Para los dos últimos ítems observar el informe del último servicio que se le realizó a la ordeñadora, en caso que no esté disponible consultar directamente con la empresa que realizó el último servicio. En caso que no se haya realizado servicio comunicar al área de producción primaria de su cooperativa para que se realice el chequeo.

86. Electricidad:
 Trifásica Monofásica.....KVA

87. Posee grupo electrógeno o tracto-usina:
 Si, y funciona Si, pero no funciona No

88. ¿Distribuye los efluentes en el campo?
 Si, cadadías Si, cuando se llena la cava No

89. Si tiene tanque de agua móvil para suministrar agua a las vacas, detalle:
 Capacidad del tanque:lts
 Tiempo de llenado:hs

Entrevista al tambero (mediero o encargado fosa)

Edad tambero* (a cargo).....

Vivienda Principal de tambero (preguntas al tambero)

Si la vivienda no es una casa, sino un pabellón con dormitorios, se considera el pabellón como vivienda.

90. Cantidad de personas que viven en forma permanente en la vivienda

.....

91. Cantidad de dormitorios que posee la vivienda

.....

92. Superficie cubierta (m2 cubiertos, sin garaje)

.....

93. Cantidad y ubicación de baños que posee la vivienda

..... baños Adentro baños Afuera

94. Baño

Adecuado

Necesita
Reparaciones
menores

Necesita
reparaciones
mayores

95. La ducha del baño tiene:

Agua fría

Agua caliente

96. ¿Tiene electricidad en la vivienda?

Si, y funciona
perfectamente

Si, pero necesita reparaciones

No

97. ¿Posee disyuntor eléctrico (no térmica!) en la vivienda?

Si

No

98. ¿La casa tiene goteras?

Si, enlugares

No

99. ¿Tiene calefacción en la vivienda?

Si, y funciona
perfectamente

Si, pero necesita reparaciones

No

100. Tipo de calefacción(marcar todas las necesarias)

Leña Gas Eléctrica Otro

101. Número de calefactores

.....

102. ¿Tiene aire acondicionado en la vivienda?

Si ¿cuántos?..... No

103. Distancia de la puerta de ingreso de la casa a la cava de efluentes

.....mts

104. Distancia desde la casa hasta el ripio o ruta

..... km

105. Distancia desde la casa a centro urbano*

..... km

106. Distancia desde la casa escuela mas cercana*

..... km tierra km ruta o ripio

107. Estado general de las paredes internas*

Malo

Regular

Bueno

123. ¿Cuántas horas duerme por día (de noche mas siesta?)
.....
124. ¿En qué año recibió la última capacitación por parte de la empresa?
(vino alguien a capacitarlo al menos 1/2 día o viajó a capacitarse)
.....
125. ¿Saca la leche los días de lluvia? *
126. Nivel de estudios (¿completos?) *

Higiene y seguridad (preguntas al tambero)

127. ¿Tiene seguro de trabajo (ART)?
 Sí No No sabe

128. ¿Tiene equipo de lluvia? *
129. ¿Le proveen equipo de trabajo?
130. ¿Tiene libreta sanitaria? *

Remuneración (preguntas al tambero)

131. ¿Cuál es el ingreso mensual TOTAL?(completar una de las dos opciones)
.....\$/mes% liquidación leche
132. ¿Que bonificaciones recibe y por cuánto (\$/mes)? (marcar todas las necesarias)
..... \$/mes
133. ¿La electricidad de la vivienda es gratuita? *
134. ¿Le proveen celular? *

Preparto (preguntas al tambero)

135. ¿Tiene las vacas secas separadas de las vacas preparto?
 Sí No
136. ¿Dónde se atiende el prepartos? *
137. ¿Existe iluminación en el sector? *
138. ¿Cuántos días antes de la fecha probable de parto se llevan las vacas al corral preparto?
 Entre 1 y 7 días Entre 8 y 15 días Entre 16 y 21 días Más de 21 días
antes antes antes días
139. ¿Cuánto tiempo permanece la vaca en el corral preparto después de parir?
 Medio día 1 día 2 días Más de 2 días

Reproducción (preguntas al tambero)

140. ¿Quién es el responsable de detectar celo? *
 Inseminador Vaquero Tambero Mixero Otro
141. ¿En qué lugar se detecta celo?
 Potrero Callejón Corral de espera Otro

142. **¿Cuándo detecta celo?**
 Mientras realiza otras actividades En un momento exclusivo
143. **¿Utiliza ayuda para detectar celo?**
 Parche Pintura Ninguna
144. **¿La utilización de la ayuda es sistemática?**
 Si No
145. **¿En qué momento insemina? ***
 Regla AM/PM A celo visto Otro
146. **¿Cuántas personas pueden inseminar? ***
147. **¿En qué registra la información reproductiva? ***
 Cuaderno de novedades Cuaderno común Ficha Software
148. **¿Como aprendió a inseminar?**
 Curso Enseñó Veterinario (1 vez) Enseñó Veterinario (más de 1 vez) Enseñó alguien que sabe (no es Veterinario)
149. **Pedir registros (ficha o cuaderno) y observar de los 3 últimos (últimas fechas) registros anotados (reproductivos o sanitarios):**
...../...../..... fecharegistroEventoregistrado
...../...../..... fecharegistroEventoregistrado
...../...../..... fecharegistroEventoregistrado

150. **Pedir registros (ficha, o cuaderno) y observar de 3 vaquillonas de 1er lactancia:**
...../...../..... fecha parto/...../..... fecha nacimiento
...../...../..... fecha parto/...../..... fecha nacimiento
...../...../..... fecha parto/...../..... fecha nacimiento
Si no está la fecha de nacimiento, registrar el número caravana y después averiguar fecha de nacimiento.

Instalaciones (preguntas al tambero)

151. **Capacidad del equipo de frío (si tiene 2 o más , sumar la capacidad total)**
..... Litros
152. **El equipo de frío tiene lavado:**
 Manual Automático Funciona? Sí No
153. **¿Lava manualmente? ***
 Si No Veces/mes
154. **¿Usa agua caliente para el lavado de la ordeñadora? ***
 Si No
155. **¿Usa agua caliente para el lavado del equipo de frío? ***
 Si No
156. **Con que funciona el termotanque? ***
 Gas Leña Recuperador de calor Otro
157. **Mejoras en la empresa**

Uso de las pasturas (preguntas al tambero)

Si hay más de un rodeo se completa lo siguiente para el lote punta (siempre y cuando el lote punta consume pastura en pastoreo).

Si el lote de punta no pastorea, completar para el lote más grande de VO que pastorea.

164. ¿Quién decide el tamaño de franja?

- Indica asesor Decide tambero Decide productor Decide otro

165. ¿Cómo decide el momento de ingreso a cada lote?:

.....

166. ¿Sabe cuántos días durará el lote que estan pastoreando hoy?

- Sí No

167. ¿Cuántos días estima que pasarán hasta que las vacas vuelven al mismo lote en que están hoy?

..... Días (fecha de hoy...../...../.....)

168. ¿Realiza pastoreo mecánico?*

169. ¿Superficie de pastura bajo pastoreo mecánico? *

- 100% 75 a 50% 50 a 25% < 25%

ENTREVISTA AL ASISTENTE PRINCIPAL (ASISTENTE DEL TAMBERO O GUACHERO)

Edad tambero (a cargo).....

Vivienda (preguntas al ordeñador o al guachero)

Si la vivienda no es una casa, sino un pabellón con dormitorios, se considera el pabellón como vivienda.

170. Cantidad de personas que viven en forma permanente en la vivienda

.....

171. Cantidad de dormitorios que posee la vivienda

.....

172. Superficie cubierta (m2 cubiertos, sin garaje)

.....

173. Cantidad y ubicación de baños que posee la vivienda

..... baños Adentro baños Afuera

174. Baño

- Adecuado Necesita Reparaciones menores Necesita reparaciones mayores

175. La ducha del baño tiene:

- Agua fría Agua caliente

176. ¿Tiene electricidad en la vivienda?

- Si, y funciona perfectamente Si, pero necesita reparaciones No

177. ¿Posee disyuntor eléctrico (no térmica!) en la vivienda?

- Si No

178. ¿La casa tiene goteras?

- Si, enlugares No

179. ¿Tiene calefacción en la vivienda?

- Si, y funciona perfectamente Si, pero necesita reparaciones No

- 201. Jornada laboral por la tarde**
 Horas de siesta que puede dormir:hs
 Sale a trabajarpm
 Descanso en la tarde: desdepm
 Sale a trabajar de nuevopm
 Descanso en la tarde: desdepm
 Sale a trabajarpm
 Fin de actividadpm
- 202. ¿A qué hora se va a dormir por la noche?**
pm
- 203. ¿Cuántas horas duerme por día (de noche mas siesta?)**

- 204. ¿En qué año recibió la última capacitación por parte de la empresa?**
 (vino alguien a capacitarlo al menos 1/2 día o viajó a capacitarse)

- 205. ¿Saca la leche los días de lluvia?**
- 206. Nivel de estudios (¿completos?)**

Higiene y seguridad (preguntas al tambero)

- 207. ¿Tiene seguro de trabajo (ART)?**
 Sí No No sabe
- 208. ¿Tiene equipo de lluvia?***
- 209. ¿Le proveen equipo de trabajo?**
- 210. ¿Tiene libreta sanitaria? ***

Remuneración (preguntas al tambero)

- 211. ¿Cuál es el ingreso mensual TOTAL?(completar una de las dos opciones)**
\$/mes% liquidación leche
- 212. ¿Que bonificaciones recibe y por cuánto (\$/mes)? (marcar todas las necesarias)**
 \$/mes
- 213. ¿La electricidad de la vivienda es gratuita?**
- 214. ¿Le proveen celular?**

MEDICIONES

Muestra de pastura

- 215. Tipo de pastura**
- 216. Franja para el día de hoy (24 hs) (en caso que se den 2 o más franjas: colocar la sumatoria para 24 hs)**
largoancho
 animales que pastorean esa/s franja/s (cantidad de VO) **(FOTO)**
- 217. Franja en pastoreo% de floración**

Medición de oferta: realizar 4 cortes (1 m² en total) en la próxima franja a pastorear por el rodeo principal y registrar el peso húmedo. Después secar en estufa para obtener % de Materia seca.

Medición de remanente: realizar 4 cortes (1 m² en total) en la última franja pastoreada por el rodeo principal y registrar el peso húmedo. Después secar en estufa para obtener % de Materia seca. Si se hace pre-oreo sólo muestrear remanente en caso que la desmalezadora NO hilera la pastura cortada.

Mediciones de aguadas

En caso de tambos con el 100% de las vacas ordeño encerradas todo el año, se relevan sólo las aguadas de los corrales de encierre de VO. En situaciones con al menos un lote en pastoreo o parte del año en pastoreo, se relevan todas las aguadas de la superficie VT

218. Capacidad de almacenaje. Medir todas la aguadas en funcionamiento y dedicadas a superficie VT (FOTO)

TANQUES	Diámetro (metros)	Profundidad ¹ (metros)	Perímetro (metros)	Calzada*	Cobertura de algas (%)	Limpieza ²
Tipo 1						
Tipo 2						
Tipo 3						
Reservorio				Se usa solo para almacenar agua		
Reservorio				Se usa solo para almacenar agua		
Reservorio				Se usa solo para almacenar agua		

MEDIA CAÑA	Largo (metros)	Ancho interno (metros)	Profundidad ¹ (metros)	Calzada*	Cobertura de algas (%)	Limpieza ²
Tipo 1						
Tipo 2						
Tipo 3						

¹Profundidad: desde el fondo hasta la marca de agua

²Limpieza: Agua transparente, turbia o muy turbia

219. Otras fuentes de agua

220. Distancia aguada – centro del potrero

Nota: Calcular distancia de aguada al centro del potrero, siguiendo el recorrido de las vacas, para los siguientes potreros:

1 - El potrero con el agua más cerca

2 - El potrero con el agua más lejos.

Distancia en potrero más cercano: mts

Distancia en potrero más alejado: mts

Mediciones de callejones

(FOTO)

221. Callejón principal de entrada al tambo (150 metros)

Medición	Pendiente ¹	Estado general ²
a 50 mts		
a 100 mts		
a 150 mts		

¹Pendiente (transversal): Plano, plano con pendiente, abovedado, hundido en el centro.

²Estado general: Bueno, regular o malo. (Bueno: no necesita mejoras)

234. **¿El corral de espera tiene aspersores?(pedir que se enciendan)**
 sí no Cuántos?:..... Cuántos funcionan?:.....
235. **¿El corral de espera tiene ventiladores? (pedir que se enciendan)**
 Sí No ¿Cuántos?:..... ¿Cuántos funcionan?:.....
236. **¿El corral de espera tiene sombra? ¿Qué % del corral esta cubierto con sombra?**
 Sí,.....% del corral No
237. **Material de la sombra***
 Media sombra Chapa Madera Otros
238. **Altura de la sombra***
Máxima Mínima.....
239. **Ancho de entrada al corral de espera.....***
240. **¿Tiene portón arreador automático***
 Sí,.....% del corral No
241. **¿Tiene Ventiladores en la SALA DE ORDEÑO?**
 Sí No ¿Cuántos?..... ¿Cuántos funcionan?.....
242. **Las bachas de alimentación son:***
 Colectivas Individuales No tienen
243. **Cantidad de bajadas**
..... bajadas
244. **Para espina de pescado, el equipamiento es:**
 Simple Doble
245. **Para bretes a la par:**
 1 bajada por brete 1 bajada cada 2 bretes
246. **¿Existen enchufes desprendidos, cables sueltos, etc.; que representen un riesgo potencial de electrocución dentro del tambo?**
 Sí No
247. **¿Posee disyuntor eléctrico (no térmica) en el tambo?**
 Sí No

Inicio Ordeño (preguntas al tambero)

248. **Arreo:***
 A paso de hombre Mas rápido que paso de hombre
 Mas lento que paso de hombre
249. **Método de arreo:***
 A pie A cuatriciclo A caballo Con perros
250. **Hora de encendido de máquina de ordeño**
..... hs.

251. Hora en que entró la primer mangada

.....hs.

252. Cantidad de animales con cabezas levantadas en los primeros 3 minutos de encierre en el corral de espera (animales con cabeza levantada al mismo tiempo):

<5 entre 5 y 10

entre 5 y 10

>10

253. ¿Realiza prueba de primeros chorros?

Sí

No

254. ¿Realiza lavado de ubre y pezones? *

Sí

No

255. ¿Realiza secado de ubre y pezones? *

Sí

No

256. Cantidad de personas ordeñando (total)

..... personas

257. ¿Realiza sellado?

si

no

258. Cantidad de personas en fosa

..... personas

259. Cantidad de personas que entran vacas (aparte de los que están en fosa)

..... personas

260. ¿Qué sucede con las vacas que van saliendo de la sala mientras las restantes se ordeñan? (marcar todas las necesarias)

Esperan en un corral

Esperan en un callejón

Van a pastura

Tienen acceso a los comederos

Tienen acceso al agua

Van a sombra

261. Se observan golpes a los animales para que entren o salgan de la sala de ordeño:

Sí

No

262. ¿Usa delantal? *

263. ¿Usa guantes? *

264. ¿Tiene identificación electrónica de animales? *

265. ¿Funcionan juntos ordeñadora y equipo de frío? *

266. ¿Alimenta durante el ordeño? *

267. ¿Tiene racionadores automáticos o semi automáticos?

Sí

Sí, pero no funcionan

No

268. ¿Tiene retiradores automáticos de pezoneras?

Sí

Sí, pero no funcionan

No

Fin de Ordeño (preguntas al tambero)

269. ¿El día de visita es un día normal? *
270. Hora en que salió la última mangada
..... : hs.
271. Inicio de la limpieza. Indicar la hora a la que comenzó la limpieza del corral de espera e instalaciones. *
..... : hs.
272. Fin de limpieza. Indicar la hora a la que finalizó la limpieza del corral de espera e instalaciones.
..... : hs.
273. Lavado de corral de espera:
 Manguera Inundación
274. Diámetro de manguera de lavado: *
275. Caudal para lavado de corral:
.....segundos/20 Lts. (medir segundos en que llena un balde de 20 lts)
276. ¿Cómo evacúa los efluentes desde el tambo?
 Sí No
277. ¿La cava de efluentes tiene cerco? **(FOTO)**
 Sí No

Crianza de terneros (preguntas al tambero)

Si las hembras y machos se crían en forma diferente: responder preguntas solo para crianza de hembras.
Si los terneros son llevados a una crianza grupal, pero se mantienen al menos 5 días en este tambo, completar esta sección igualmente para esos días.

278. ¿Qué sistema de crianza de terneros realiza? **(FOTO)**
 Estaca con cadenas Estaca con corredera Jaula Crianza colectiva en corral/galpón
279. ¿Qué actividad realiza el guachero además de la crianza de terneros? *
280. ¿Los macho y las hembras se crían por separado? *
281. Cantidad de terneros alojados en guachera el día de la visita
.....
282. ¿Qué tipo de leche utiliza para la crianza de los terneros?
 Leche descarte Leche normal Sustituto lácteo.
283. ¿Cuántos litros de leche se ofrecen a los terneros por día? (terneros de 15 días)
.....lts/ternero a la mañana
..... lts/ternero a la tarde
284. ¿Ofrece agua a los terneros? (marcar todas las necesarias)
 continuamente 1 vez al día 2 veces al día no ofrece
 todo el año solo en verano
285. ¿Se realiza vacunación de vacas al momento del secado o entre el secado y el parto para prevenir enfermedades en el ternero?
 Sí, siempre Sí, a veces Nunca

286. **¿Cómo y con qué transporta la leche desde el tambo a la guachera?**
Tachos/baldes en carretilla o a mano Tachos/baldes en vehículo En un tanque arrastrado por vehículo
287. **¿Ofrece balanceado a los terneros? ***
 Si No
288. **¿A qué distancia del tambo esta la guachera?**
289. **¿Realiza desinfección de ombligo?**
 Nunca Al nacimiento Desde el nacimiento hasta que se seca el cordón
290. **¿Cuándo se realiza la desinfección del ombligo en terneros?**
Nunca Solo en verano Todo el año
291. **¿Cuánto tiempo permanece el ternero recién nacido con la madre?**
 1/2 día 1 día 2 días > a 2 días
292. **¿Cuál es el criterio de desleche? ***
 Edad Tamaño Consumo de concentrado Otro
293. **¿Cuánto hace que el sector de guachera no se cambia de lugar?**
 1 mes menos de 3 meses más de 3 meses Siempre mismo lugar
294. **Sombra artificial:m²***
295. **Sombra natural:m²(aproximados) ***
296. **Higiene del balde de leche***
Mala Regular Buena
297. **Higiene del balde de alimento sólido***
Mala Regular Buena

Preparto: Infraestructura

298. **Cantidad de vacas en mes de mayor número de vacas**
299. **Mes con mayor número de vacas**
300. **Metros cuadrado de sombra artificial (FOTO)**
 m²
301. **Sombra natural (FOTO)**
 árboles en corral preparto (cantidad)
302. **Estimación de sombra utilizable por árbol m²**
303. **Estado del piso del corral preparto:**
Bueno Regular Malo
304. **¿Dispone de aguadas en el corral preparto?**
 Sí, y funciona correctamente Sí, pero no funciona No
305. **Cantidad de aguadas en el corral preparto**
Ninguna 1 2 3 o más
306. **Distancia de aguadas al corral pre parto**
 m
307. **Material de comederos**
 Cemento Madera Lona Chapa Aros Otros

308. **¿En qué condiciones se encuentran los comederos para Preparato?**
 Sanos y limpios Sanos y sucios Rotos y limpios Rotos y sucios
309. **¿Suministra alimentos en el piso? ***
 Sí No
310. **Estado del piso**
 Bueno Regular Malo
311. **¿Existen residuos de comida de más de 1 día en los comederos Preparato?**
 Sí No
312. **Estado de los residuos** (marcar todas las necesarias)
 Caliente Con olor Buen estado
313. **Distancia desde la casa del personal que atiende partos al centro del corral preparato**
mts

Alimentación vacas ordeño

Si hay más de un rodeo, toda la sección de alimentación se completa únicamente para el Lote de punta (es el lote de mayor producción que no sea el lote de frescas)

Se debe revisar el sector de alimentación principal de VO

314. **¿Se observan residuos de más de 1 día en comederos? (FOTO)**
 Sí No
315. **Estado de los residuos**
 Caliente Con olor Buen estado
316. **¿En qué condiciones se encuentran los comederos?**
 Sanos y limpios Sanos y sucios Rotos y limpios Rotos y sucios
317. **¿El acceso a los comederos es?**
 Bueno Regular Malo
318. **Comederos de vacas en ordeño (cantidad y dimensiones)**
 comederos demts ancho ymts de largo
 comederos demts ancho ymts de largo
 aros para silaje demts de diámetro
 cubiertas demts de diámetro total de la cubierta
319. **¿Dispone de aguada en el sector de alimentación de vacas ordeño?**
 (a menos de 150 metros de los comederos)
 Sí, y funciona Sí, pero no funciona No
320. **Distancia del sector de alimentación (centro del corral) a la aguada más cercana (en caso que NO se disponga de aguada dentro del corral)**
mts
321. **Distribución de silo (Poner Si o No) :**
 Mixer
 Carro forrajero
 Autoconsumo en bolsa

Exclusivo para tambos confinados (Observación)

322. **Cantidad de vacas en corral (lote punta)**
 323. **Superficie total del corralm²**

324. Superficie de cemento en corralm²
 325. Superficie techada en corral.....m²
 326. Sombra artificial en corralm²
 327. Cantidad de aguadas
 328. Capacidad de aguadas
 329. Reposición de agua (litros/minuto)
 330. Estado del piso del corral principal del lote de punta
 Bueno Regular Malo
 331. Rotación del corral del lote de punta
 Se rota cadadías Solo en días de lluvia No se rota
 332. Pendiente del corral principal de encierre del lote de punta (**FOTO**)
 Plano Pendiente moderada Pendiente mínima

333. Edad del Productor/gerente

Fotos

Instalaciones

Casas (fuera y adentro)

Patios

Fosa efluentes

Corral de espera (corral, entrada y salida)

Sombra corral

Sombras vacas (estructura, estado piso)

Aguadas

Callejones

Franja pastoreada (que no se usa mas)

Alimentación (autoconsumo) comederos

Preparto

Crianza terneros