

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Tesis para optar por el grado académico de:

Doctora en Ciencias Agrarias

Impacto productivo, económico y ambiental de un ordeño diario en sistemas lecheros pastoriles de Argentina

Belen Lazzarini

Director: PhD Javier Baudracco

Co-Director: PhD Nicolas López-Villalobos

Esperanza, Argentina 2020

Dedicado a quienes tienen la noble tarea de producir leche

Listado de abreviaturas

BW	Breeding worth- índice de mérito genético
CREA	Consortios regionales de experimentación agrícola
CSO	Central Statistics Office; Oficina central de estadísticas de Irlanda
DE	Desviación estándar
DOD	Dos ordeños diarios
DODAR	Dos ordeños diarios Argentina
ETC	Equivalente tiempo completo
FAO	Food and agriculture organization of the United Nations
GB	Grasa butirosa
GEI	Gases de efecto invernadero
HC	Huella de carbono
HF	Holstein Friesian
HF x J	Cruza Holstein Friesian x Jersey
IDF	International dairy federation; federación internacional de lechería
INALE	Instituto nacional de la leche de Uruguay
INTA	Instituto nacional de tecnología agropecuaria de Argentina
IPCC	Intergovernmental panel on climate change
J	Jersey
LCE	Leche corregida por contenido energético
LIC	Livestock improvement corporation
MS	Materia seca
DIGAD	Dairy Industry Good Animal Database; base de datos de animales de la industria lechera de Nueva Zelanda
OCLA	Observatorio de la cadena láctea argentina
P	Proteína
PL	Producción de leche
PG	Producción de grasa butirosa
PP	Producción de proteína
PS	Producción de sólidos
RCS	Recuento de células somáticas
SCS	Score de células somáticas
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
SMN	Servicio meteorológico nacional
SRB	Sueca roja y blanca
t CO ₂ eq	Toneladas equivalente dióxido de carbono
UOD	Un ordeño diario
UOD10	Un ordeño diario con disminución de 10% en la producción de leche
UOD19	Un ordeño diario con disminución de 19% en la producción de leche
UOD24	Un ordeño diario con disminución de 24% en la producción de leche
UOD30	Un ordeño diario con disminución de 30% en la producción de leche
US\$	Dólar estadounidense

Contenidos

- Capítulo 1** Introducción general.
- Capítulo 2** Producción de leche en Argentina: Situación actual y perspectivas.
Revisión bibliográfica.
- Capítulo 3** Un ordeño diario en vacas lecheras en lactancia completa: resultados de experimentos, tambos comerciales y trabajos de simulación.
Revisión bibliográfica.
- Capítulo 4** Evaluación productiva, económica y de riesgo en sistemas lecheros pastoriles con vacas suplementadas ordeñadas una vez al día.
- Capítulo 5** Un ordeño diario con vacas suplementadas en Argentina.
Comunicación.
- Capítulo 6** Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas lecheros con vacas ordeñadas una vez al día.
- Capítulo 7** Discusión general y conclusiones.

Tabla de contenidos

Capítulo 1: Introducción general.

RESUMEN	viii
ABSTRACT	x
ANTECEDENTES	2
OBJETIVO, HIPOTESIS Y DESCRIPCION GENERAL DE LA TESIS	4
ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	6
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	9

Capítulo 2: Producción de leche en Argentina: situación actual y perspectivas. Revisión bibliográfica.

RESUMEN	12
INTRODUCCION.....	13
REVISION Y DISCUSION	14
Producción de leche en Argentina	14
Precio de la leche y exportaciones	17
Empresas procesadoras de leche	17
Sistema de producción.	18
Alimentación del rodeo	22
Instalaciones de ordeño	23
Recursos humanos en los tambos.....	24
Fortalezas y limitantes de la lechería argentina	25
Perspectivas y desafíos para el futuro.....	26
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	29

Capítulo 3: Un ordeño diario en vacas lecheras en lactancia completa: resultados de experimentos, tambos comerciales y trabajos de simulación. Revisión bibliográfica.

RESUMEN	33
INTRODUCCION.....	35
MATERIALES Y METODOS.....	37
Ensayos experimentales e información de tambos comerciales	37
Estudios de simulación	39
RESULTADOS	40
Producción de leche y sólidos de leche en vacas con un ordeño diario.....	40
Resultados basados en experimentos de campo y datos de tambos comerciales	40
Interacción entre frecuencia de ordeño y raza.....	45
Recuento de células somáticas y mastitis	47
Desempeño reproductivo	49
Causas de rechazos en sistemas con vacas con un ordeño diario	51
Mejoramiento genético para rodeos con un ordeño diario.....	52

Resultado económico de sistemas lecheros con un ordeño diario	55
Resultado económico de sistemas con un ordeño diario en tambos comerciales	55
Resultado económico de sistemas con un ordeño diario en estudios de simulación.....	57
Impacto ambiental de sistemas con un ordeño diario	59
CONCLUSIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61
Capítulo 4: Evaluación productiva, económica y de riesgo en sistemas lecheros pastoriles con vacas suplementadas ordeñadas una vez al día.	
RESUMEN	65
INTRODUCCION.....	67
MATERIALES Y METODOS.....	69
Escenarios simulados	70
Modelo de simulación de sistemas lecheros	71
Supuestos productivos y económicos utilizados.....	72
Superficie y carga animal.....	72
Alimentos ofrecidos y calidad nutricional	72
Animales y composición de la leche	73
Ingresos económicos	73
Gastos de mano de obra.	74
Gastos del rodeo	74
Gastos indirectos y arrendamiento de la tierra	74
Resultado económico y rentabilidad	75
Simulaciones determinísticas y estocásticas	75
RESULTADOS	76
Simulación determinística.....	76
Producción de leche y sólidos de leche.....	77
Consumo de materia seca.....	77
Resultados económicos	78
Simulaciones estocásticas: Análisis de riesgo	78
DISCUSION.....	81
Simulaciones determinísticas. Resultados productivos	81
Simulaciones determinísticas. Resultados económicos con reducción de 15% en el costo laboral	83
Simulaciones determinísticas. Resultados económicos con reducción de 30% en el costo laboral	84
Simulaciones estocásticas: análisis de riesgo	85
Limitaciones de los supuestos asumidos en este trabajo	85
CONCLUSIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	88
Capítulo 5: Un ordeño diario con vacas suplementadas en Argentina. Comunicación.	
INTRODUCCION.....	91

MATERIALES Y METODOS.....	92
RESULTADOS Y DISCUSION.....	93
CONCLUSIONES.....	95
AGRADECIMIENTOS.....	95
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	96

Capítulo 6: Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas lecheros con vacas ordeñadas una vez al día.

RESUMEN.....	98
INTRODUCCION.....	99
MATERIALES Y METODOS.....	100
Sistemas lecheros evaluados.....	100
Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero.....	101
Supuestos utilizados.....	102
Alimentos propios y comprados.....	102
Manejo de los animales.....	102
Manejo de efluentes.....	102
Consumo de combustible y energía.....	103
RESULTADOS Y DISCUSION.....	103
CONCLUSIONES.....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	107

Capítulo 7: Discusión general y conclusiones.

INTRODUCCION.....	110
CONTRIBUCIONES GENERALES DE LA TESIS.....	110
Principales contribuciones del capítulo 2: Producción de leche en Argentina: situación actual y perspectivas: Revisión bibliográfica.....	115
Principales contribuciones del capítulo 3: Un ordeño diario en vacas lecheras en lactancia completa: resultados de experimentos, tambos comerciales y trabajos de simulación. Revisión bibliográfica.....	117
Principales contribuciones del capítulo 4: Evaluación productiva, económica y de riesgo en sistemas lecheros pastoriles con vacas suplementadas ordeñadas una vez al día.....	119
Principales contribuciones del capítulo 5: Un ordeño diario con vacas suplementadas en Argentina. Comunicación.....	119
Principales contribuciones del capítulo 6: Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas lecheros con vacas ordeñadas una vez al día.....	120
LIMITACIONES DEL TRABAJO Y FUTURAS INVESTIGACIONES.....	121
CONCLUSIONES GENERALES.....	123
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	125
AGRADECIMIENTOS.....	127

RESUMEN

El ordeño es una tarea rutinaria que ocupa la mayor parte de la jornada laboral en un tambo. Debe realizarse al menos dos veces por día, todos los días, muchas veces en horarios que resultan incompatibles con la vida social. Uno de los desafíos de la lechería, a nivel mundial, es atraer y retener personas calificadas para trabajar en el sector lechero. La alternativa de ordeñar una vez al día puede contribuir a hacer de la lechería una actividad más atractiva. El ordeño de vacas lecheras, una vez al día, en vez de dos veces al día, surgió en Nueva Zelanda y actualmente es una práctica que se implementa en aproximadamente 9% del rodeo lechero en ese país. La presente tesis investigó el impacto productivo, económico y ambiental de ordeñar una vez al día en sistemas lecheros pastoriles, con suplementación, de Argentina. Esta investigación se realizó sobre sistemas lecheros que utilizan moderada suplementación comparada con la experiencia reportada en tambos de un ordeño diario en Nueva Zelanda. La investigación involucró estudios a campo y estudios de simulación. Por una parte, se realizaron estudios de simulación determinística y estocástica con modelos matemáticos que integran el sistema lechero. Las simulaciones estocásticas permitieron evaluar el riesgo de los sistemas simulados frente a condiciones cambiantes de precio de leche, precio del alimento concentrado y producción de alimentos. Por otra parte, se realizó el seguimiento de un caso de estudio de un tambo comercial, con un ordeño diario, en Argentina. Esto permitió obtener información de la performance productiva de un sistema lechero real. Considerando la creciente preocupación de los gobiernos y la sociedad en general sobre el impacto ambiental de la producción animal, se evaluaron las emisiones de gases de efecto invernadero para cada uno de los sistemas lecheros simulados y para el tambo promedio de Argentina. Los estudios realizados a campo, las simulaciones de sistemas con modelos y las revisiones llevadas a cabo en la presente tesis sobre un ordeño diario y sobre la lechería argentina

permiten concluir que, en sistemas con un ordeño diario en Argentina, es esperable que la producción de leche y el resultado económico disminuyan y el recuento de células somáticas se incremente. Para que estos sistemas sean económicamente viables es necesario que la disminución en producción de leche por vaca sea reducida al mínimo, que los gastos relacionados al ordeño incluida la mano de obra se reduzcan y que puedan mantenerse niveles aceptables de células somáticas. Además, se concluye que el sistema lechero debe lograr una crianza y recría de hembras eficiente para afrontar mayores descartes de vacas que permitan la selección de animales que se adapten al sistema. Respecto a la emisión de gases de efecto invernadero, bajo los supuestos analizados en este trabajo los sistemas con un ordeño diario generarían la misma cantidad de emisiones por litro de leche que el tambo promedio argentino. Futuras investigaciones que incluyan un ensayo comparativo de vacas ordeñadas una vez y dos veces al día bajo las condiciones de nuestro país generarían más información y serían de utilidad para el sector lechero argentino, tanto productivo como científico-tecnológico.

ABSTRACT

Milking cows is a routinely task that occupies most of the working day in a dairy farm. It is performed, at least, twice a day, every day, often at times that are incompatible with social life. One of the challenges of dairying, globally, is to attract and retain qualified people in the farm. The alternative of milking once a day can help making dairying a more attractive activity. Milking dairy cows once a day, rather than twice a day, emerged in New Zealand and today is a practice adopted by approximately 9% of the national dairy herd in that country. This thesis investigated productive, economic and environmental impact of milking cows once a day in intensified dairy systems in Argentina, i.e. systems with higher levels of supplementation compared to the experience reported in once a day dairy systems in New Zealand. This work involved modelling and field studies. Deterministic and stochastic modelling studies were carried out. The latter to assess the risk of dairy systems due to variable conditions of milk price, concentrate feed price and crop production. We also evaluated a commercial dairy farm with once a day milking throughout the lactation for the first time, in Argentina. This provided information on the productive performance of a real dairy system. Considering the increasing concern of governments and society about the environmental impact of animal production, greenhouse gas emissions were assessed for each simulated dairy system and for the average dairy system of Argentina. Field and modelling studies and literature reviews conducted in this thesis conclude that once a day systems are feasible to be carried out in Argentina, although it is expected a decrease in milk production and economic results, and an increase in somatic cell count. However, in order to be economically viable, it is necessary that the decrease in milk production per cow is kept at minimum, milking-related costs including labour are reduced, and somatic cell count are kept at acceptable levels. In addition, the dairy system must achieve efficient rearing of

females calves to deal with greater culling of cows, that allow the selection of animals that better suit to the system. Regarding to the emission of greenhouse gasses, under the assumptions analysed in this work, once a day systems would generate the same amount of emissions per litre of milk compared to the argentine average dairy farm. Future research involving a comparative trial with cows milked once and twice a day under the conditions of our country would generate useful results for the argentine dairy sector.

Capítulo 1

Introducción General

ANTECEDENTES

La frecuencia de ordeño, es decir la cantidad de ordeños diarios, está relacionada con la mayoría de los aspectos productivos y económicos de un sistema lechero, incluida la cantidad de mano de obra requerida (Kolver, 2001). La selección genética del ganado lechero en el mundo se ha realizado con vacas ordeñadas con una frecuencia de dos ordeños diarios (DOD) durante muchos años, lo que hace casi imprescindible que en la actualidad las vacas se ordeñen con esta frecuencia (Holmes, 2011). Sin embargo, investigaciones en Nueva Zelanda, Francia, Irlanda y Argentina han desafiado esta teoría, experimentando un ordeño diario (UOD) (Lazzarini *et al.*, 2017; Stelwagen *et al.*, 2013). En Nueva Zelanda, el 9% de los rodeos lecheros se ordeñan una vez al día durante toda la lactancia (Edwards, 2018), lo que representa aproximadamente 500.000 vacas lecheras bajo UOD.

El ordeño es una tarea rutinaria que ocupa aproximadamente el 57% de una jornada laboral en los sistemas de producción de leche (Taylor *et al.*, 2009). La reducción de la frecuencia de ordeño de DOD a UOD reduce las horas de trabajo y contribuye al bienestar de los empleados. Tipples (2007) reportó que las personas que ordeñan una vez al día, realizan su trabajo más rápido, son más responsables y combinan diferentes tareas en el tambo de manera más eficiente que las personas que ordeñan dos veces al día. Ordeñar una vez al día también tiene ventajas para los productores, quienes pueden beneficiarse por contar con personal más estable en su empresa. La dificultad de atraer y retener personas calificadas en los tambos es uno de los principales desafíos en los sistemas de producción de leche a nivel mundial (Bewsell *et al.*, 2008). Las horas de trabajo prolongadas, los horarios de trabajo poco compatibles con la vida social y el esfuerzo físico requerido son algunas de las características

que hacen que la lechería no resulte una actividad atractiva para las personas (Poulter and Sayers, 2015).

A pesar de los beneficios que genera el sistema de UOD para las personas, ordeñar una vez al día reduce la producción de leche por vaca, lo que fue evidenciado tanto en estudios experimentales como en tambos comerciales (Stelwagen *et al.*, 2013; DairyNZ, 2016). Consecuentemente, se espera que la rentabilidad de tambos con UOD disminuya debido a la reducción del ingreso por venta de leche. Sin embargo, los gastos asociados a la tarea del ordeño también se reducen con UOD, lo que puede compensar parcialmente la reducción de ingresos por la menor venta de leche (Anderle and Dalley, 2007). Para aminorar la reducción en producción de leche que se produce al pasar de DOD a UOD, la principal estrategia utilizada es el aumento de la carga animal (cantidad de vacas por ha) lo que permite incrementar la producción de leche por hectárea y la cantidad total de leche vendida (Clark *et al.*, 2006). Otra estrategia para compensar la reducción en la producción de leche de vacas sometidas a UOD es la selección de animales que sean más tolerantes a UOD (Lembeye *et al.*, 2016).

En Argentina, al igual que en otros países lecheros, existe una alta rotación de mano de obra en los tambos, debido principalmente a las condiciones laborales que se ofrecen (horarios, descanso, remuneración) (Lazzarini *et al.*, 2019). Ordeñar una vez al día podría contribuir a la mejora de las condiciones laborales, disminuyendo la cantidad de horas diarias de trabajo y permitiendo más descansos.

Además de ser rentable y atractivo para las personas, los sistemas lecheros deben ser amigables con el medio ambiente. La producción animal es responsable de aproximadamente 14,5% de todas las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) en el

mundo (Gerber *et al.*, 2013). Aunque existen pocos estudios que evaluaron el impacto ambiental de sistemas con UOD, se sugiere que ordeñar una vez al día podría tener menos impacto en el medio ambiente que los sistemas con DOD (Chobtang *et al.*, 2017).

Actualmente, no hay estudios que evalúen el efecto de ordeñar una vez al día, durante toda la lactancia, sobre la producción, la rentabilidad y el impacto ambiental de sistemas lecheros pastoriles, con moderada suplementación, como son los sistemas lecheros característicos de Argentina.

OBJETIVO, HIPOTESIS Y DESCRIPCION GENERAL DE LA TESIS

El **objetivo general** de esta tesis fue evaluar el desempeño productivo, económico y ambiental de sistemas lecheros pastoriles con suplementación y vacas ordeñadas una vez al día, en Argentina. La hipótesis de este trabajo es que los sistemas con UOD tendrán menor productividad, menor resultado económico y mayores emisiones de GEI por unidad de producto (leche) comparado con sistemas con DOD. Los **objetivos específicos** fueron: i) Revisar publicaciones internacionales sobre UOD, incluyendo aspectos productivos, económicos y ambientales ii) Evaluar el resultado productivo, económico y el riesgo económico y ambiental de sistemas lecheros con UOD en Argentina iii) Investigar, a través de un estudio de caso, la implementación de UOD en un tambo de Argentina y iv) Evaluar las emisiones de GEI en sistemas lecheros con UOD. Para lograr estos objetivos se realizaron dos estudios de simulación, un estudio de caso y dos revisiones bibliográficas. El uso de modelos de simulación aplicado a la producción de leche ha crecido rápidamente en los últimos años (Kebreab *et al.*, 2019). Aunque los ensayos a campo son necesarios para investigar el impacto de UOD en la productividad y la rentabilidad de tambos, los modelos

de simulación son una herramienta efectiva para probar hipótesis alternativas cuando los recursos económicos son limitados (Kebreab *et al.*, 2019).

Estrategia de investigación

En esta tesis se utilizaron dos herramientas de simulación diferentes: i) *eDairy*, que es un modelo estocástico y determinístico que simula la performance productiva y económica del sistema lechero en su conjunto (Baudracco *et al.*, 2013) arrojando los siguientes resultados: consumo de pasturas y suplementos, producción de leche y sólidos, resultado económico del sistema y rentabilidad; ii) *Calculador de emisiones para tambos* (CREA, 2017), que es un modelo que permite estimar la emisión de GEI en la producción de leche, siguiendo los lineamientos del IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change). En esta tesis también se desarrolla un estudio de caso sobre un tambo comercial, en el que se presentan los resultados productivos monitoreados durante un año en un tambo con vacas ordeñadas una vez al día en Argentina.

Esta tesis constituye el primer trabajo realizado con vacas lecheras en sistemas pastoriles que reciben moderada suplementación, a diferencia de la mayoría de estudios sobre UOD, donde las vacas se encuentran en un sistema casi exclusivamente pastoril con baja o nula suplementación. Por lo tanto, este trabajo será de utilidad no solo para sistemas lecheros argentinos, sino también para aquellos sistemas pastoriles en el mundo que utilizan suplementación. Se espera que este trabajo cumpla con el doble desafío de las tesis doctorales de aportar conocimiento científico publicado en revistas científicas indexadas y a su vez información objetiva y novedosa que sirva de ayuda a los productores lecheros interesados en el sistema de UOD, para que puedan tomar una decisión informada respecto a la adopción de esta alternativa.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

El presente capítulo, **Capítulo 1**, presenta la introducción general de este trabajo describiendo los antecedentes del tema de investigación, los objetivos y la estructura general de la tesis.

El **Capítulo 2** presenta una descripción de las características esenciales de los sistemas lecheros de Argentina, la producción de leche, el mercado, la mano de obra y el manejo general de los tambos. Dado que esta tesis estudió el impacto de UOD en sistemas lecheros de Argentina, fue necesario contextualizar la producción de leche en el país y describir sus principales características para utilizarlas como base para la realización de las simulaciones presentadas en los **Capítulos 4 y 6**. En este capítulo también se detallan las principales fortalezas y debilidades de la producción lechera argentina. La información presentada en este capítulo resulta de utilidad para productores, investigadores y gobiernos para definir estrategias para corregir las principales limitantes de los sistemas lecheros de Argentina y mejorar así la producción de leche. Este capítulo fue publicado en el año 2019 en el journal *Applied Animal Science* 35, 426-432 (Lazzarini *et al.*, 2019). Además de contextualizar la producción de leche y los sistemas lecheros de Argentina, fue necesario realizar una revisión de los principales resultados que existen en el mundo sobre sistemas lecheros con UOD.

El **Capítulo 3** comprende una revisión bibliográfica sobre los principales resultados de sistemas lecheros que implementan UOD durante toda la lactancia. Esta revisión incluye información de ensayos a campo, tambos comerciales y estudios de simulación. Se revisaron los resultados productivos y económicos de sistemas lecheros con UOD. Se reporta el

desempeño reproductivo de vacas con UOD y las principales razones de descarte de vacas en estos sistemas.

También se presentan los resultados de los escasos estudios realizados que evalúan el impacto ambiental de esta alternativa a nivel mundial. Se discuten los avances en genética para la selección de rodeos adecuados para UOD. La información presentada en este capítulo resume información internacional sobre el desempeño de rodeos con UOD, resultando beneficiosa para productores lecheros interesados en esta alternativa, y para diseñar futuras líneas de investigación en esta temática. Un resumen de este capítulo fue presentado en el año 2014 en el 37° Congreso de la Asociación Argentina de producción Animal 34, 213 (Lazzarini *et al.*, 2014). Utilizando la información generada en este capítulo y la caracterización de los sistemas lecheros de Argentina, fue posible construir diferentes escenarios para evaluar el desempeño económico y productivo de sistemas pastoriles con vacas suplementadas y ordeñadas una vez al día.

El **Capítulo 4** evalúa el resultado económico y productivo y el riesgo de reducir la frecuencia de ordeño de DOD a UOD en vacas lecheras en sistemas pastoriles con suplementación en Argentina, asumiendo diferentes porcentajes de reducción de leche por vaca para los sistemas con UOD. Para investigar el impacto de ordeñar una vez al día, se crearon cinco sistemas productivos (escenarios) diferentes: un escenario para representar un sistema lechero con vacas en sistemas de DOD y cuatro escenarios alternativos para representar sistemas con UOD. Para cada uno de los escenarios con UOD se asumió un porcentaje diferente de disminución de la producción de leche por vaca, en comparación con el escenario con DOD (30%, 24%, 19% y 10%). Se utilizó el modelo de simulación *e-dairy* para realizar simulaciones determinísticas y estocásticas para cada escenario. El riesgo de estos cinco

sistemas se estudió teniendo en cuenta escenarios de mercado incierto (que afectan el precio de leche y concentrados), así como escenarios de clima incierto (que afecta la producción de pasturas y cultivos). Este capítulo fue publicado en el año 2018 en el journal *Animal* 12, 1077-1083 (Lazzarini *et al.*, 2018). Dado que estos resultados se basan en simulaciones, resulta interesante conocer el desempeño de vacas con UOD en sistemas pastoriles reales. Con ese objetivo se desarrolló en **Capítulo 5**.

El **Capítulo 5** muestra los resultados productivos de vacas lecheras ordeñadas una vez al día en un tambo comercial de Argentina. Este capítulo reporta la producción de leche, sólidos de leche y el recuento de células somáticas de 282 vacas alimentadas con pastura base alfalfa y suplementadas con silaje y alimento concentrado, ordeñadas una vez al día, por primera vez, durante toda la lactancia. Este capítulo fue publicado en el año 2017 en *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 77, 61-63 (Lazzarini *et al.*, 2017).

Una vez analizado el desempeño productivo y económico de sistemas lecheros pastoriles con suplementación, bajo UOD, fue necesario investigar el impacto ambiental de estos sistemas. El **Capítulo 6** evalúa las emisiones de GEI, un indicador que permite evaluar una dimensión del impacto ambiental, en los sistemas lecheros simulados en el **Capítulo 4**, y las emisiones estimadas para un tambo promedio de Argentina. Se reportan las emisiones de GEI por ha por año y por litro de leche producido para cada uno de los sistemas.

Por último, el **Capítulo 7** incluye una discusión general de la tesis y resume los principales hallazgos sobre la temática, brindando información sobre la viabilidad de la implementación de sistemas lecheros con UOD en Argentina.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderle, R. and Dalley, D. (2007). Can You Make Money Milking Once a Day (OAD)? Proceedings of the Once-A-Day Milking Conference, 16-17 April 2007, Hamilton, New Zealand, pp. 34-38.
- Baudracco, J.; Lopez-Villalobos, N.; Holmes, C. W.; Comeron, E. A.; MacDonald, K. A. and Barry, T. N. (2013). E-Dairy: A dynamic and stochastic whole-farm model that predicts 448 biophysical and economic performance of grazing dairy systems. *Animal* 7, 870-878.
- Bewsell, D.; Clark, D.A. and Dalley, D.E. (2008). Understanding motivations to adopt once-a-day milking amongst New Zealand dairy farmers. *Journal of Agricultural Education and Extension* 14, 69-80.
- Chobtang, J.; Sneddon, N.; McLaren, S.J.; Donaghy, D.; Lopez-Villalobos, N.; Correa Luna, M. and Ledgard, S. (2017). Environmental evaluation of once-a-day milking on a pasture-based dairy system in New Zealand. Occasional Report No. 31. Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Clark, D.A.; Phyn, C.V.C.; Tong, M.J.; Collis, S.J. and Dalley, D.E. (2006). A systems comparison of once versus twice daily milking of pastured dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 1854–1862.
- CREA (2017). Calculador de huella de carbono en tambo. <https://www.crea.org.ar/calculador-de-huella-de-carbono-en-tambo/>. Acceso Febrero 2019.
- DairyN (2016). Full season once-a-day milking. <https://www.dairynz.co.nz/animal/herd-management/once-a-day-milking/full-season-once-a-day-oad-milking/>. Acceso Septiembre 2016.
- Edwards, P. (2018). Comparison of milk production and herd characteristics in New Zealand herds milked once or twice a day. *Animal production Science* 59, 570-580.
- Gerber, P.J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Falcucci, A.; Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Holmes, C.W. (2011). OAD milking with OAD cows: the future for NZ’s low-cost grazing systems. Proceedings of the South Island Dairy Event (SIDE): Healthy, Wealthy and Wise, 5-7 July 2000, Invercargill, New Zealand, pp. 1–15.
- Kebreab, E.; Reed, K. F.; Cabrera, V.E.; Vadas, P.A.; Thoma, G. and Tricarico, J. M. (2019). A new modeling environment for integrated dairy system management. *Animal Frontiers* 9, 25-32.
- Kolver, E. (2001). Rethinking our approach to lactation. *Dairy farming Annual Massey University* 53, 163-168.
- Lazzarini, B; Baudracco, J., Lopez-Villalobos, N., y Lyons, N. (2014). Revisión bibliográfica: Un ordeño por día en vacas lecheras: resultados destacados en el mundo. *Comunicación. Revista Argentina de Producción Animal* 34, 213.
- Lazzarini, B.; Peluffo, L.; Lopez-Villalobos, N.; Hendrikse, L. and Baudracco, J. (2017). Brief communication: Once-a-day milking with supplemented cows in Argentina. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 77, 61-63.

- Lazzarini, B.; Baudracco, J.; Tuñon, G.; Gastaldi, L.; Lyons, N.; Quattrochi, H. and Lopez-Villalobos, N. (2019). Review: Milk production from dairy cows in Argentina: Current state and perspectives for the future. *Applied Animal Science* 35, 426-432.
- Lazzarini, B.; Lopez-Villalobos, N.; Lyons, N.; Hendrikse, L. and Baudracco, J. (2018). Productive, economic and risk assessment of grazing dairy systems with supplemented cows milked once a day. *Animal* 12, 1077-1083.
- Lembeye, F.; Lopez-Villalobos, N.; Burke, J. L. and Davis, S. R. (2016). Milk production of Holstein-Friesian, Jersey and crossbred cows milked once-a-day or twice-a-day in New Zealand, *New Zealand Journal of Agricultural Research* 59, 50-64.
- Poulter, C. and Sayers, J. (2015). Retention of skilled migrants in the New Zealand Dairy 518 Industry *New Zeal J Employment Relations* 40, 1-23.
- Stelwagen, K.; Phyn, C.V.C.; Davis, S.R.; Guinard-Flament, J.; Pomiès, D.; Roche, J.R. and Kay, J.K. (2013). Invited review: Reduced milking frequency: Milk production and management implications. *Journal of Dairy Science* 96, 3401–3413.
- Taylor, G; Van Der Sande, L. and Douglas, R. (2009). Smarter not harder: improving labour productivity in the primary sector. Hamilton, DairyNZ. <http://maxa.maf.govt.nz/sff/about-projects/search/05-028/technical-report.pdf>. Acceso Octubre 2017.
- Tipples, R. (2007). Social impacts of OAD Milking. *Proceedings of the Once-A-Day Milking Conference*, 16-17 April 2007, Hamilton, New Zealand, pp. 23-27.

Capítulo 2

Producción de leche en Argentina: Situación actual y perspectivas. Revisión bibliográfica.

La versión en inglés de este capítulo fue publicada en 2019 en el Journal Applied Animal Science 35, 426-432. Lazzarini, B; Baudracco, J; Tuñon, G; Gastaldi, L; Lyons, N; Quattrochi, H y Lopez-Villalobos, N.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2590286519300771>

RESUMEN

El objetivo de este capítulo fue describir el contexto y las principales características de la producción lechera argentina; y analizar los desafíos que enfrentan los productores y la industria lechera. Se utilizaron datos de encuestas nacionales de tambos, estadísticas oficiales, de organizaciones internacionales y literatura científica. El tambo promedio de Argentina tiene 160 vacas, con 1,4 vacas/ha, con vacas Holstein que producen aproximadamente 5.900 lt/vaca por año. Los sistemas lecheros son mayoritariamente pastoriles, en secano, con vacas pastoreando durante todo el año. La relación de precios favorable entre la leche y los alimentos concentrados (precio lt leche: precio kg concentrado mayor a 1,5) permite a los productores incorporar cantidades importantes de suplementos en la dieta de las vacas lecheras. La producción de leche en Argentina se ha mantenido estable en los últimos 20 años. Las principales razones que impiden un aumento de la producción de leche son: i) el número de vacas ha disminuido 12% durante los últimos 20 años; ii) la infraestructura en los tambos está subdimensionada y obsoleta, en muchos casos, y requiere inversiones para mejorar el bienestar animal y las condiciones laborales de las personas que trabajan en el tambo. Por otro lado, los suelos fértiles, la abundante disponibilidad de agua, la posibilidad de pastoreo durante todo el año y los alimentos concentrados relativamente baratos son las principales fortalezas de la lechería argentina. El país podría duplicar su productividad; sin embargo, deben superarse numerosas limitantes para que este potencial pueda alcanzarse. Los datos y la discusión presentados en este capítulo podrían ser de utilidad para definir estrategias que contribuyan a la mejora de la producción de leche argentina.

INTRODUCCION

Argentina es el octavo país de mayor tamaño en el mundo, tiene clima templado, una población de 44 millones de personas y un producto bruto interno bruto estimado de US\$ 14.400 por persona (World Bank, 2017). En 2016, el sector agrícola argentino contribuyó de manera importante al desarrollo económico y social del país, generando 66% del valor total de las exportaciones, 10% del producto bruto interno y 17% del empleo privado. La industria láctea contribuyó con 1% del producto bruto nacional (Pisani Claro y Miazzo, 2017).

La lechería fue introducida en Argentina por inmigrantes europeos en el siglo XV, con vacas mantenidas sobre pasturas naturales. Desde la década de 1960, los sistemas lecheros han incorporado gradualmente tecnología, prácticas de manejo y mayor cantidad de vacas e insumos tales como los suplementos (Viglizzo *et al.*, 2011). Esto generó un aumento en la producción de leche de 4.000 millones de litros a más de 10.000 millones de litros anuales, en los últimos 50 años (Secretaría de Agroindustria, 2018).

En 2017, Argentina ocupó el segundo puesto en el ranking latinoamericano de países productores de leche, y el puesto número 17 en el ranking mundial, contribuyendo aproximadamente con 1,5% de la producción mundial de leche (Hemme, 2017). Debido a la elevada población de Argentina y a un elevado consumo de leche per cápita (200 lt/persona por año; el doble que el consumo promedio mundial de leche; IDF, 2017), una gran proporción de la leche producida en Argentina se consume en el mercado interno.

Existen escasas publicaciones sobre las características principales de la producción de leche en Argentina. Así quedó demostrado en una revisión de literatura científica que se hizo para este capítulo, utilizando la base de datos de *Scopus* para identificar y cuantificar el número de artículos científicos sobre la lechería argentina, utilizando las palabras clave en inglés 'dairy o milk y cow' en el título y 'system y Argentina' en el resumen, título o palabras clave.

Se encontraron solamente 11 publicaciones. El objetivo de este trabajo fue describir las principales características de la producción de leche de Argentina y analizar los desafíos que enfrentan los productores y la industria lechera del país. Esto permitirá detectar las principales fortalezas y limitantes de la lechería argentina para contribuir a generar nuevas políticas públicas que permitan oportunidades de crecimiento para la industria lechera. Se utilizó información proveniente de estadísticas nacionales, resultado de encuestas representativas de productores, información de organizaciones internacionales y literatura científica sobre sistemas de producción de leche.

REVISION Y DISCUSION

Producción de leche en Argentina

Las estadísticas oficiales reportaron, para el año 2018, una producción total de leche de aproximadamente 10.500 millones de litros (Secretaría de agroindustria, 2018), procedentes de 10.700 explotaciones lecheras (OCLA, 2018) y 1,7 millones de vacas lecheras (SENASA, 2018). Según OCLA (2018) y SENASA (2018) el tamaño promedio del rodeo argentino fue de 160 vacas en 2018. Esto convierte a Argentina en uno de los 11 países del mundo con más de 100 vacas por tambo (Hemme, 2017). Aproximadamente el 90% de los tambos se localizan en la región central de Argentina, situada entre los paralelos 30-40° S y los meridianos 58-65° W, distribuidos en tres provincias: Santa Fe (34%), Córdoba (30%) y Buenos Aires (21%) (SENASA, 2018). Las precipitaciones anuales en esta zona oscilan entre 700 y 1.100 milímetros, mientras que las temperaturas medias en verano e invierno son 23°C y 10°C, respectivamente, y las temperaturas medias máximas y mínimas son 30°C y 4,5°C, respectivamente a lo largo del año (SMN, 2018).

La mayoría de la leche producida en Argentina proviene de tambos de pequeña escala (menos de 3000 lt/día), algo que también se observa en otros países (Hemme, 2017); aproximadamente el 70% de los tambos argentinos produce menos de 3.000 lt/día lo que representa sólo el 30% de la producción total de leche (OCLA, 2018). La lechería argentina enfrenta un proceso de concentración e intensificación (OCLA, 2018), tal como ocurre a nivel internacional (Hemme, 2017). Existe un grupo significativo de tambos de pequeña escala que está abandonando la actividad; siendo las principales razones la baja rentabilidad obtenida por esos productores, la edad avanzada del productor y la falta de miembros de la familia que quieran continuar con la actividad (Gastaldi *et al.*, 2018). A pesar de la disminución en la cantidad de tambos a nivel nacional, el tambo promedio argentino ha aumentado su producción de leche por vaca y el tamaño del rodeo (Tabla 1) (OCLA, 2018; Secretaría de Agroindustria, 2018; SENASA, 2018). El tamaño del rodeo nacional ha disminuido (SENASA, 2018) (Tabla 1), sin embargo, la producción de leche se ha mantenido casi estable en las últimas dos décadas (Tabla 2) (Secretaría de Agroindustria, 2018); lo que se refleja en menor cantidad de tambos y más litros de leche por tambo.

Tabla 1. Cantidad de tambos y de vacas lecheras, producción de leche por vaca y tamaño del rodeo entre 1998 y 2018 en Argentina (OCLA, 2018; Secretaría de Agroindustria, 2018; SENASA, 2018).

	1998	2018	Variación 1998 - 2018
Tambos	18.096	10.722	- 41%
Vacas lecheras, en miles	1.946	1.720 ¹	- 12%
Producción de leche por vaca, lt/vaca por día	16,0	19,2	+ 20%
Tamaño de rodeo, vacas/tambo	107	160	+ 49%

¹Cantidad de vacas en 2017 (SENASA, 2018)

La producción de leche, en 1999, fue de 10.300 millones lt/año, similar a 2018, con valores máximos de 12.000 millones lt/año en el año 2015, y valores mínimos de 7.900 millones de litros en 2003 (Secretaría de Agroindustria, 2018). En contraste, otros países con sistemas lecheros pastoriles han aumentado la producción de leche considerablemente en el mismo periodo (Tabla 2) (CSO, 2018; INALE, 2018; LIC, 2018).

Debe señalarse que la producción total de leche es una variable compleja que está determinada por factores internos y externos. Los factores externos, tales como económicos y políticos, no se discutirán en esta revisión.

Tabla 2. Evolución de la producción de leche en Argentina comparada con otros países con sistemas lecheros pastoriles, entre 1998 y 2018 (CSO, 2018; INALE, 2018; LIC, 2018; Secretaría de Agroindustria, 2018).

	Producción de leche (mill ton LCE ¹)		Variación 1998 - 2018
	1998	2018	
Argentina	8,95	9,86	+ 10%
Irlanda	4,71	7,76	+ 65%
Nueva Zelanda	11,85	24,12	+ 103%
Uruguay	1,27	1,96	+ 54%

¹ LCE: Leche corregida por energía = (producción leche x (0.383 x % GB + 0.242 x % P + 0.7832) / 3.1138)

La producción de leche de un país puede aumentar como resultado de mayor producción por vaca, mayor cantidad de vacas o una combinación de ambos. En Argentina, existen dos factores principales que dificultan el crecimiento del rodeo (cantidad de vacas): elevada mortandad de terneros, aproximadamente 11,5% de los terneros nacidos mueren en la etapa de crianza (mortalidad perinatal no incluida; Baudracco *et al.*, 2014; Gastaldi *et al.*, 2018) y un intervalo entre partos largo, de 13-14 meses (Cattaneo *et al.*, 2015). En los últimos 20

años, la producción promedio de leche por vaca aumentó aproximadamente tres litros por vaca por día (de 16 a 19 lt/vaca por día; Tabla 1) (OCLA, 2018; Secretaría de Agroindustria, 2018; SENASA, 2018). Un diagnóstico integral de la lechería argentina señaló que la relativa baja carga animal, producción de forrajes menor a la potencial, y la falta de inversión en infraestructura en los tambos, es decir, instalaciones de ordeño, provisión de agua de bebida, sombras, entre otros, son los principales factores que impiden un mayor incremento en la producción individual de leche (Baudracco *et al.*, 2014).

Precio de la leche y exportaciones. La producción de leche y el precio que recibe el productor no están regulados por el gobierno y no existen subsidios para los productores. El precio de leche en Argentina ha sido históricamente uno de los más bajos entre los principales países exportadores (IDF, 2017), de US\$ 0,24/lt promedio en los últimos 20 años y de US\$ 0,32/lt promedio de los últimos diez años (OCLA, 2018). Entre el 15% y el 28% de la leche total producida anualmente se exporta, principalmente como leche en polvo y queso; siendo Brasil, Rusia, Argelia, Chile, Paraguay y China los principales destinos (OCLA, 2018). Durante la última década, Argentina se ubicó entre los cinco principales países exportadores mundiales de productos lácteos (IDF, 2017).

Empresas procesadoras de leche. La industrialización de la leche se distribuye en 670 industrias lácteas. Sin embargo, el 58% del total de la leche producida es procesada por 20 empresas, cinco de ellas multinacionales con sede en otros países (OCLA, 2018). La capacidad actual de procesamiento de leche está subutilizada en aproximadamente 40% (OCLA, 2018). Uno de los principales aspectos que afecta la competitividad de las industrias lácteas es la baja productividad laboral, explicada principalmente por la falta de inversión en tecnología (OCLA, 2018). La productividad de la mano de obra en la industria lechera es

aproximadamente 900 lt/persona por día (OCLA, 2018); 60% inferior a la registrada para empresas que procesan leche en Australia (Productivity Commission, 2014).

Sistema de producción. Los tambos son predominantemente pastoriles, con producción de forrajes en secano y con vacas consumiendo pasturas durante todo el año. La pastura de alfalfa (*Medicago sativa L.*) es el cultivo perenne más utilizado, ya sea como pastura pura o bien en mezclas con otras especies forrajeras (Collino *et al.*, 2005). Existe una reconocida correlación positiva entre la cantidad de pastura cosechada por hectárea por año y el resultado económico en sistemas lecheros pastoriles (Hanrahan *et al.*, 2018). Por lo tanto, el sistema pastoril de Argentina tiene el potencial de producir leche a un costo relativamente bajo (FAO, 2011). Sin embargo, muchos productores incluyen moderadas a elevadas cantidades de suplementos en forma de granos, concentrados y silaje, preferentemente de maíz (Lazzarini *et al.*, 2014). El nivel de suplementación en los tambos argentinos es mayor al observado en otros países lecheros de base pastoril como Irlanda o Nueva Zelanda. Esto se explica por la relación favorable entre el precio de la leche y el precio concentrado de Argentina (superior 1,5 en los últimos 20 años; Hemme, 2017).

La producción promedio de leche por vaca es de aproximadamente 5.900 lt/año (OCLA, 2018; Secretaría de Agroindustria, 2018; SENASA, 2018) que equivale a 401 kg de sólidos de leche/vaca por año (3,3% de proteína y 3,5% de grasa butirosa). El tambo promedio produce 2.700 lt/día (OCLA, 2018) y la mitad de los tambos tiene menos de 150 vacas totales (vacas en ordeño y secas) (Gastaldi *et al.*, 2018). La carga animal promedio es relativamente baja, de 1,4 vacas/ha (Baudracco *et al.*, 2014), pese a los incrementos moderados ocurridos en los últimos años (1,2 vacas/ha en 2001; Gastaldi *et al.*, 2018). Las pariciones ocurren durante todo el año en el 83% de los tambos (Gastaldi *et al.*, 2018). Sin embargo, existe una cierta concentración de partos en los meses de otoño debido a condiciones climáticas más

favorables en invierno para lograr la preñez. El uso de inseminación artificial está muy extendido en los tambos, lo que ha generado que ~95% de las vacas sean de origen Holstein americano (FAO, 2011). El uso de genética Jersey ha aumentado en los últimos años; en 2015; 3,4% del total de dosis de semen comercializadas en Argentina fueron Jersey (Marcantonio, 2017).

Respecto al régimen de tierra utilizada para producción de leche, el 53% es propiedad de los productores, mientras que el 47% es arrendada (Gastaldi *et al.*, 2018). El valor promedio de la tierra es aproximadamente 10.000 US\$/ha (Hemme, 2017), variando entre 1.800 y 20.000 US\$/ha (Gastaldi *et al.*, 2018), lo que resulta relativamente bajo en comparación con otros países lecheros (30.000 US\$/ha en Nueva Zelanda; Hemme, 2017).

En los últimos años, se han desarrollado una amplia gama de sistemas de producción lechera en Argentina, desde sistemas pastoriles con suplementación (84% de los tambos) hasta sistemas con vacas en confinamiento, alimentadas con raciones totalmente mezcladas (16% de los tambos) (Baudracco *et al.*, 2014). Las principales razones que motivan a los productores a elegir sistemas confinados son: la búsqueda de mayor producción de leche por vaca, mayor bienestar de los animales y menor uso de la tierra para la actividad lechera. El cultivo de soja ha tenido un auge importante en las últimas décadas en Argentina generando competencia por el recurso tierra entre estas dos actividades, ya que el cultivo de soja es menos exigente en términos de gestión e inversión, y tiene menor demanda de tiempo y mano de obra para llevarse a cabo en comparación con la producción lechera. Los sistemas confinados en Argentina son principalmente del tipo “dry lots” (vacas alojadas en corrales a cielo abierto) y en menor medida, “free stall” o “compost barn” (menos del 1% del total de tambos en Argentina). Los sistemas con vacas en confinamiento del tipo compost barn han mostrado un rápido crecimiento en los últimos cinco años; aunque los resultados físicos y

económicos de estos sistemas no han sido evaluados para determinar la conveniencia de su implementación bajo las condiciones productivas de Argentina.

La Tabla 3 muestra características de sistemas pastoriles con diferente escala productiva (Gastaldi *et al.*, 2016), y también de confinados en Argentina (Candiotti *et al.*, 2013). Los datos de los sistemas pastoriles se recopilieron a partir de una encuesta nacional de tambos en la principal región lechera del país (n=112) entre 2014 y 2015, mientras que los datos de los sistemas confinados (n=17) pertenecen a una base de datos de un grupo de productores que remiten la leche a una misma industria láctea, y están ubicados en la misma región lechera; los datos pertenecen al período 2010 y 2012. Ambos tipos de sistemas muestran producciones individuales relativamente baja (menos de 23 lt/vaca por día), teniendo en cuenta que las vacas en estos sistemas son de genética Holstein americana con elevado potencial para producción de leche (VandeHaar *et al.*, 2016) y reciben elevados niveles de alimento concentrado (5 a 9 kg MS/vaca por día) (Tabla 3).

En la Tabla 3 se observa que los sistemas confinados muestran mayor producción de leche por vaca en comparación con los sistemas pastoriles, pero también mayores niveles de suplementación, lo que podría incrementar el costo de alimentación y reducir el resultado económico. La carga animal también es baja (menos de 1,7 vacas/ha) para ambos sistemas, en comparación con otros países con sistemas pastoriles de regiones templadas, tales como Nueva Zelanda (2,8 vacas/ha) e Irlanda (2,2 vacas/ha) (Hemme, 2017). Por lo tanto, la productividad resulta baja (menos de 10.000 lt/ha por año en los sistemas pastoriles) y esto podría afectar negativamente el resultado económico de estos tambos (Macdonald *et al.*, 2008). La productividad de la tierra (lt/ha por año), mencionada anteriormente, se estima teniendo en cuenta la tierra utilizada para el cultivo de pasturas y reservas forrajeras (heno o silaje) necesarios para alimentar al rodeo lechero; sin considerar la tierra utilizada para la

producción de granos. Estudios experimentales realizados en Argentina han demostrado que es factible, en sistemas pastoriles, duplicar la producción de leche aumentando la oferta de alimentos y la carga animal (Baudracco *et al.*, 2011). Del mismo modo, existen grupos de productores, que trabajando con mayor eficiencia, que el tambo promedio, logran resultados superiores. El registro de datos de productores lecheros de AACREA (movimiento que agrupa productores tecnificados del país y que producen aproximadamente 10% de la producción total de leche del país) arrojó que en promedio (para el ejercicio 2018-2019) los tambos tuvieron una carga animal de 1,8 VT/ha, 23,4 lt/VO por día equivalente a aproximadamente 12.000 lt/ha por año (AACREA, 2020). Estos tambos tienen mayor escala, aproximadamente 470 vacas por tambo, que el tambo promedio argentino. Estos datos también permiten inferir que es posible lograr mayor productividad en los sistemas lecheros de Argentina, que la que se logra actualmente.

Existe una gran variabilidad en los parámetros productivos dentro de los sistemas pastoriles (Tabla 3). Los tambos pequeños tienen una producción de leche inferior a la producción que se observa en los tambos grandes. Esto puede deberse a diferentes niveles de eficiencia en cada grupo, pero también a diferentes niveles de uso insumos. Por ejemplo, los tambos más grandes tienen mayor carga animal y mayores niveles de suplementación por vaca, y esto permite que la productividad sea también mayor. Por lo tanto, la mayor productividad en los tambos más grandes puede estar parcialmente enmascarada por la mayor cantidad de suplementos suministrados en estos sistemas (Ondarza and Tricarico, 2017). Esto significa que el hecho de ser tambos de pequeña escala no es una causa de la baja eficiencia. Es posible que los tambos más grandes implementen diferentes estrategias de manejo que no están asociadas con la escala del tambo.

Alimentación del rodeo. En promedio, la dieta para una vaca lechera en Argentina está compuesta por 45% de pasturas, 26% de silaje y 29% de alimento concentrado, principalmente granos de maíz y expeller de soja (Gastaldi *et al.*, 2018; Lazzarini *et al.*, 2014); similar proporción de alimentos en la dieta se reportó para años previos (2012 a 2015) (Gastaldi *et al.*, 2018). La cantidad de pastura incluida en la dieta ha disminuido de 60% en 2001 a 45% en 2017 (Gastaldi *et al.*, 2018).

Tabla 3. Características de los sistemas lecheros pastoriles y confinados en Argentina. Promedio y desviación estándar para cada variable (Candiotti *et al.*, 2013; Gastaldi *et al.*, 2016).

	Sistemas pastoriles ¹			Sistemas confinados
	Pequeños	Medianos	Grandes	Dry-lot (corral a cielo abierto)
Descripción general				
Proporción, %	25%	47%	28%	16%
Vacas	68 (±18)	142 (±27)	302 (±124)	224 (±122)
Superficie, ha	70 (±30)	115 (±44)	205 (±78)	137 (±65)
Carga animal, vacas/ha	1,10 (±0,45)	1,36 (±0,48)	1,56 (±0,49)	1,68 (±0,41)
Producción de leche				
lt/vaca por día	18,1 (±4,3)	18,8 (±4,3)	19,5 (±4,4)	22,2 (±3,6)
lt/ha por año	6.035 (±2.867)	7.667 (±3.955)	9.378 (4.290)	11.223 (±3.748)
lt/tambo por día	1.220 (±409)	2.684 (±847)	5.915 (±2.705)	4.101 (±2.340)
Alimentos (ofrecido)				
Concentrados,kg	5,6 (±2,8)	5,7 (±2,2)	7,2 (±3,1)	8,8 (± 2,1)
MS/vaca por día				
Silaje y heno, kg	5,0 (±2,7)	6,9 (±2,8)	6,1 (±2,2)	9,4 (±1,4)
MS/vaca por día				
Pastura, kg MS/vaca por día	-	-	-	3,9 (±3,6) ³
Eficiencia del rodeo				
Mortalidad de terneros, %	8,9 (±10,6)	8,4 (±7,4)	9,0 (±6,4)	14,2 (±3,9)
Mortalidad de vacas, %	6,5 (±6,2)	5,7 (±3,4)	5,1 (±4,4)	7,0 (±4,9)
Rechazo, %	14,7 (±9,8)	14,6 (±7,2)	16,9 (±6,8)	20,6 (±9,6)

Intervalo entre partos, días	-	-	-	429 (±29)
Mano de obra				
Personas ETC ²	2,9 (±1,1)	3,9 (±1,3)	6,1 (±2,0)	-
Productividad, lt/persona por día)	381 (±180)	590 (±224)	859 (±497)	-

¹ Pequeños: <100 vacas totales, medianos: entre 100 y 200 vacas totales, grandes: >200 vacas totales

² ETC, Equivalente tiempo completo; 46 horas de trabajo semanal

³ Pastura cosechada mecánicamente y ofrecida a las vacas

Comúnmente se adopta una rotación de cultivos de cuatro años que consiste en tres años de pastura (típicamente alfalfa) seguido de maíz o sorgo (silaje) y cultivos anuales de invierno. La producción de pasturas en la región pampeana es de 10 a 18 toneladas de MS/ha por año, según lo reportado en ensayos experimentales en condiciones de secano (Collino *et al.*, 2005). Sin embargo, las producciones logradas en los tambos comerciales suelen ser menores, entre 7 y 12 toneladas de MS/ha por año (cálculos realizados en base a la producción de leche y la cantidad de suplementos consumido por las vacas). Estos bajos niveles de producción de materia seca podrían deberse a bajos niveles de fertilización y un manejo ineficiente de los cultivos. En 2017, aproximadamente la mitad de las pasturas se fertilizaron, aunque los análisis de suelo para implementar un correcto manejo de nutrientes no se realizan comúnmente (Gastaldi *et al.*, 2018). La cantidad de fertilizante utilizada es baja, 53 kg/ha por año, en comparación con otros países productores de leche, como Chile (416 kg/ha), Uruguay (109 kg/ha), Brasil (164 kg/ha) y Nueva Zelanda (1.717 kg/ha) (World Bank, 2017). Además, la eficiencia de utilización de las pasturas (kg pastura consumida/kg pastura ofrecida x 100) suele ser inferior al 65%, debido principalmente a la baja carga animal de los sistemas lecheros (Danelon *et al.*, 2002).

Instalaciones de ordeño. Las salas de ordeño tipo espina de pescado son las más comunes (85%; Baudracco *et al.*, 2014), con un promedio de nueve unidades de ordeño por tambo

(Baudracco *et al.*, 2014; Gastaldi *et al.*, 2018). Las instalaciones de ordeño son antiguas, con un promedio de 24 años para la instalación y 11 años para la máquina de ordeño (Baudracco *et al.*, 2014). Esto puede imponer limitaciones en el flujo de vacas, la salud de las ubres y la eficiencia de la mano de obra. El tiempo de ordeño y limpieza de instalaciones es de aproximadamente 5 horas diarias (Baudracco *et al.*, 2014). En promedio, una vaca debe caminar 5 km por día desde el potrero hasta la sala, considerando dos ordeños diarios (Corbellini, 2002).

Los efluentes generados durante el ordeño y la limpieza se derivan principalmente a lagunas (75% de los casos), situadas cerca de las instalaciones de ordeño. Los efluentes almacenados se utilizan con fines agronómicos en el 60% de los tambos (Gastaldi *et al.*, 2018). Actualmente no existe una legislación nacional unificada para la gestión de los efluentes. Sin embargo, existe una legislación ambiental general centrada en la protección de los habitantes y los recursos naturales (Charlon *et al.*, 2017). Además, existen regulaciones específicas relacionadas con el uso de efluentes y manejo de estiércol de ámbito provincial o regional. La aplicación de estas normas específicas ha sido impulsada principalmente por la demanda de la sociedad o por la ocurrencia de eventos de contaminación (Charlon *et al.*, 2017).

Recursos humanos en los tambos. Las personas que trabajan en el tambo comúnmente son contratadas bajo la figura de tambero asociado, y el grupo de trabajo recibe entre 7 y 17% del ingreso por venta de leche, como salario; mientras que sólo el 16% de los tambos son operados por el productor dueño del tambo (Gastaldi *et al.*, 2018). En promedio, hay 4,3 personas equivalente tiempo completo (ETC; 46 horas de trabajo semanales) por tambo, quienes son responsables de las tareas de ordeño y limpieza (1,6 ETC), alimentación de las vacas y crianza de terneros, manejo del pastoreo, entre otras (Gastaldi *et al.*, 2018). La eficiencia de la mano de obra, medida como cantidad de vacas atendidas por persona, es baja

en Argentina (40 vacas por persona) en comparación con otros países lecheros como Nueva Zelanda, donde la eficiencia de mano de obra oscila entre 150 y 200 vacas por persona (Tipples *et al.*, 2010).

La lechería es considerada mundialmente como una actividad poco atractiva, principalmente debido a las condiciones laborales que involucra (Poulter and Sayers, 2015). En el 72% de los tambos de Argentina, el ordeño de la mañana comienza antes de las 0400 h; se ha estimado que un empleado promedio de tambo trabaja 10,4 horas por día, tiene 2,7 días de descanso por mes y ocho días de vacaciones por año (Baudracco *et al.*, 2014). Se estima que estas condiciones laborales poco atractivas están relacionadas a la carencia de infraestructura adecuada en el tambo (Baudracco *et al.*, 2014) lo que hace que las tareas rutinarias requieran mayor tiempo y mayor esfuerzo humano para llevarse a cabo. La falta de infraestructura adecuada podría tener su origen en la falta de acceso a financiamiento para los productores. Los salarios que reciben los trabajadores de tambo son de aproximadamente US\$ 4 y 8/hora (Baudracco *et al.*, 2014; Hemme, 2017). Aunque los sueldos son comparables a los salarios de empleados de comercios, resultan bajos considerando la naturaleza del trabajo realizado. La edad promedio del productor es 58 años; aproximadamente 70% de ellos depende únicamente de la renta del tambo como ingreso económico; sólo el 25% de los productores vive en el campo (Gastaldi *et al.*, 2018). Aunque la mayoría de los establecimientos tienen acceso a asesoramiento agronómico y veterinario, sólo 50% de los productores tiene registros económicos y productivos del tambo (Gastaldi *et al.*, 2018).

Fortalezas y limitantes de la lechería argentina

Las principales fortalezas de la lechería argentina están relacionadas a su ubicación geográfica y a la existencia de abundantes recursos naturales: i) la posibilidad de que las

vacas tengan acceso al pastoreo durante todo el año, lo que hace prácticamente innecesaria las inversiones en infraestructura para el alojamiento de las vacas; ii) suelos fértiles y agua de lluvia que permiten la producción de pasturas sin riego; iii) valor de la tierra relativamente bajo en comparación con otros países con sistemas de producciones pastoriles, como Nueva Zelanda o Irlanda; iv) alimentos concentrados y subproductos accesibles a precios relativamente bajos; v) se encuentra en un continente que tiene grandes importadores de leche, como Brasil; vi) existe una fuerte cultura lechera, que ayuda a mantener los tambos en la familia por generaciones.

Por otro lado, la lechería enfrenta una serie de desafíos para mantener la productividad y lograr un crecimiento de la producción relacionados principalmente a la mano de obra, la gestión y la inversión: i) recursos humanos poco capacitados, que no siempre están bien remunerados y tienen poco tiempo de descanso; ii) la mayoría de las inversiones se realizan a partir del propio resultado económico de la empresa debido a la falta de financiamiento crediticio; iii) necesidad de inversión en infraestructura para mejorar las condiciones de vida y trabajo de las personas y mejorar el bienestar animal; iv) necesidad de desarrollar infraestructura rural general: caminería, suministro de energía y obras de drenaje de agua; v) escasez de animales de reposición debido a elevadas tasas de mortalidad de terneros y bajo desempeño reproductivo de las vacas; vi) productores que muchas veces tienen poca participación en el manejo diario de explotación (Greig, 2007).

Perspectivas y desafíos para el futuro

El principal desafío de la lechería argentina es ser sustentable en términos económicos, ambientales y sociales. La carga animal es uno de los principales factores relacionados a la rentabilidad en sistemas lecheros pastoriles (Macdonald *et al.*, 2008). Existe un gran

potencial en Argentina para incrementar el número de vacas por hectárea. Estudios realizados en el país (Baudracco *et al.*, 2011) y resultados de grupo de productores tecnificados (AACREA, 2020) han demostrado que es posible aumentar la carga animal y mejorar la rentabilidad de los sistemas lecheros, si esto se acompaña con la infraestructura requerida para garantizar el bienestar animal. Sin embargo, para lograr un incremento de la carga animal, se debe optimizar la producción y utilización de las pasturas con el fin de mantener los costos de producción relativamente bajo. Los bajos niveles de fertilización y el manejo deficiente de las pasturas son las principales limitantes para aumentar la producción de materia seca en los sistemas lecheros.

El aumento de la carga animal también exige una mejora de la infraestructura general en los tambos. Actualmente, el estado de las instalaciones de ordeño reduce la calidad de las condiciones laborales y el bienestar de los animales, afectando la eficiencia en la producción de leche. La performance reproductiva de las vacas y la elevada mortandad en la etapa de crianza se encuentran entre otros factores que deben mejorarse. Además, es necesario implementar un programa nacional de mejoramiento genético que permita seleccionar animales adecuados para los sistemas lecheros argentinos.

La actividad lechera enfrenta un recambio generacional importante, el productor lechero promedio abandonará la actividad en unos pocos años. Además de ser económicamente viable, la lechería debe ser una actividad atractiva para las generaciones futuras. Atraer y retener personas calificadas en el tambo es un desafío en muchos países lecheros, ya que las nuevas generaciones demandan empleos más flexibles. Por lo tanto, la actividad lechera en Argentina necesita mejorar las condiciones laborales y de vida de las personas que trabajan en el tambo. Las horas de trabajo, los días de descanso y vacaciones, la incorporación de

automatizaciones, son aspectos que pueden contribuir para que la lechería sea una alternativa más atractiva para los jóvenes.

Todas las limitaciones discutidas anteriormente necesitan inversión para ser resueltas, tanto dentro como fuera del tambo. Una estimación aproximada de la inversión requerida para aumentar la eficiencia y la producción de leche por tambo en 50% es aproximadamente US\$ 1.700/ha para inversiones fuera del tambo, es decir, infraestructura eléctrica, vial y manejo del agua; y aproximadamente US\$ 2.100/ ha para mejorar la infraestructura dentro del tambo: fertilidad del suelo, instalaciones de ordeño, suministro de agua y sombra para las vacas, y caminería interna. Estos cálculos se basan en limitantes detectadas en una encuesta realizada a más de 150 tambos de Argentina (Baudracco *et al.*, 2014) teniendo en cuenta precios de mercado de empresas locales. Sin embargo, la falta de acceso al financiamiento es una de las principales limitantes que impide a los productores aumentar la productividad.

Finalmente, en el futuro se espera que se impongan regulaciones ambientales más estrictas, por lo tanto, los productores deberán estar preparados para lograr que la producción de leche en sus tambos sea amigable con el medio ambiente.

Las características únicas, tales como el acceso a tierras fértiles, la disponibilidad de agua, las posibilidades de pastoreo durante todo el año y la alimentación de concentrados relativamente a bajo costo, son claros indicadores del potencial lechero argentino. Argentina puede duplicar su productividad, pero deben abordarse las limitantes antes mencionadas para lograr este objetivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AACREA, Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agropecuaria. (2020). Informe microeconómico. Reporte. https://www.crea.org.ar/wp-content/uploads/2020/05/Informe_Microeconomico_Nro_75-1.pdf. Acceso Septiembre 2020.
- Baudracco, J.; Lazzarini, B.; Rosset, A; Jáuregui, J. Braidá, D. y Maiztegui, J. (2014). Cuantificación de limitantes productivas en tambos de Argentina. Reporte Final. <http://www.infortambo.com/admin/upload/arch/proyecto%20indices.pdf>. Acceso Octubre 2018.
- Baudracco, J.; Lopez-Villalobos, N.; Romero, L.A.; Scandolo, D.; Maciel, M.; Comeron, E.A.; Holmes, C.W. and Barry, T. N. (2011). Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbreed Holstein–Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. *Animal Feed Science and Technology* 168, 131–143.
- Candioti, F.; Baudracco, J.; Bocco, N.; Chapado, L.; Manelli, D.; Maranzana, F.; Rainaud, E.; y Torossi, F. (2013). Comparación productiva y económica entre sistemas lecheros pastoriles y confinados de Argentina. Proc. 3er Simposio Internacional Leite Integral. Belo Horizonte, Brazil.
- Cattaneo, L.; Baudracco, J.; Lazzarini, B. and Ortega, H. (2015). Methodology to estimate the cost of delayed pregnancy for dairy cows. An example for Argentina. *Revista Brasileira de Zootecnia* 44, 226-229.
- Charlón, V.; Palhares, J.C.; Herrero, A.; La Manna, A. and Salazar, F. (2017). Environmental regulations of dairy effluent management in South American Countries. Page 97 in Proc. 17th RAMIRAN conference: Sustainable utilization of manures and residue resources in agriculture. Wexford, Ireland.
- Collino, D. J.; Dardanelli, J. L.; De Luca, M.J. and Racca, R.W. (2005). Temperature and water availability effects on radiation and water use efficiencies in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45, 383-390.
- Corbellini, C. N. (2002). El costo energético de mantenimiento de las vacas lecheras en pastoreo. Pages 207-211 in III Seminario Internacional COLANTA: Competitividad en leche y carne. Colombia.
- CSO Central Statistics Office (2018). Milk statistics. <https://www.cso.ie/en/statistics/agriculture/milkstatistics/>. Acceso Diciembre 2018.
- Danelon, J. L.; Locatelli, M. L.; Gallardo, M. and Guaita, S. (2002). Herbage intake and ruminal digestion of alfalfa: a comparison between strip and zero grazed dairy cows. *Livestock Production Science* 74, 79–91.
- FAO Food and Agriculture Organization. (2011). Dairy development in Argentina, by O.R. Cappellini. Rome. <http://www.fao.org/docrep/013/al744e/al744e00.pdf>. Acceso octubre 2018.
- Gastaldi, L.; Cuatrin, A.; Maekawa, M.; Litwin, G.; Marino, M.; Centeno, A. and Moretto, M. (2018). Informe de Lechería Pampeana del ejercicio 2016/2017. <https://inta.gob.ar/documentos/lecheria-pampeana-resultados-productivos-ejercicio-2016-2017>. Acceso Septiembre 2018.
- Gastaldi, L.; Engler, P.; Litwin, G.; Centeno, A.; Maekawa, M. y Cuatrin, A. (2016). Informe de Lechería Pampeana del ejercicio 2014/2015. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_encuesta_sectorial_lechera_2014_2015._descriptiva.pdf. Acceso Diciembre 2018.

- Greig, B. (2007). Aspects of South American dairying. Agriculture and Life Sciences Division. Lincoln University. <https://core.ac.uk/download/pdf/35464153.pdf>. Acceso Enero 2018.
- Hanrahan L.; McHugh, N.; Hennessy, T.; Moran, B.; Kearney, R.; Wallace, M. and Shalloo, L. (2018). Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production. *Journal of Dairy Science* 101, 5474-85.
- Hemme, T. (2017). International Farm Comparison Network Dairy report 2017. IFCN, Kiel, Germany.
- IDF International Dairy Federation. (2017). Bulletin of the International Dairy Federation 489/2017. The world dairy situation 2017. <https://store.fil-idf.org/wp-content/uploads/2017/10/2017WDSs-preview.pdf>. Acceso Noviembre 2018.
- INALE Instituto Nacional de la Leche. (2018). Remisión a Planta INALE Uruguay 2018. <https://www.inale.org/estadisticas/remision-a-planta/>. Acceso Diciembre 2018.
- Lazzarini, B.; Baudracco, J.; Demarchi, E.; Lovino, D. y Jáuregui, J.M. (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.
- LIC Livestock Improvement Corporation (2018). New Zealand Dairy Statistics 2017–18. <https://www.lic.co.nz/about/dairy-statistics/>. Acceso Diciembre 2018.
- MacDonald, K. A.; Penno, J. W.; Lancaster, J. A. S. and Roche, J. R. (2008). Effect of stocking rate on pasture production, milk production, and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *Journal Dairy Science* 91, 2151–2163.
- Marcantonio, S. A. (2017). Argentine bovine genetics market. <http://forodegeneticabovina.com.ar/wp-content/uploads/2017/10/Argentine-bovine-genetics-market-English-1.pdf>. Acceso Enero 2019.
- Ondarza, M.B. and Tricarico, J.M. (2017). Review: Advantages and limitations of dairy efficiency measures and the effects of nutrition and feeding management interventions. *PAS* 33, 393-400.
- OCLA Observatorio de la Cadena Láctea Argentina. (2018). <http://www.ocla.org.ar/contents/news/details/12114104-balance-lacteo>. Acceso Noviembre 2018.
- Pisani Claro, N. y Miazzo, D. (2017). El campo argentino en números. Fundación agropecuaria para el desarrollo de Argentina. <http://fundacionfada.org/informes/el-campo-argentino-en-numeros-3/>. 8. Acceso Noviembre 2018.
- Poulter, C. and Sayers, J. (2015). Retention of skilled migrants in the New Zealand dairy industry. *New Zealand Journal Employment Relations* 40, 1–23.
- Productivity Commission. (2014). Relative Costs of Doing Business in Australia: Dairy Products Manufacturing, Research Report, Canberra, Australia. <https://www.pc.gov.au/inquiries/completed/dairy-manufacturing/report/dairy-manufacturing.pdf>. Acceso Noviembre 2018.
- Secretaría de agroindustria. (2018). Estadísticas lecheras. https://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_01_primaria/index.php. Acceso Noviembre 2018.
- SENASA. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2018). Distribución de establecimientos con actividad tambo bovino. http://www.senasa.gov.ar/prensa/DNSA/Control_Gestion_y_Programas_Especiales/Indicadores_ganaderos/7_Indicadores_Ganaderia_Bovina_%20de_Tambo/Tambos.html. Acceso Noviembre 2018.

- SMN Servicio Meteorológico Nacional. (2018). Estadísticas climatológicas normales. <https://ssl.smn.gob.ar/dpd/observaciones/estadisticas.txt>. Acceso Septiembre 2018.
- Tipples, R.; Trafford, S.; Callister, P. (2010). The factors which have resulted in migrant workers being essential workers on New Zealand dairy farms. Labour, employment and work conference. Wellington, New Zealand, pp. 1-12.
- VandeHaar, M. J.; Armentano, L. E.; Weigel, K.; Spurlock, D. M; Tempelman, R. J. and Veerkamp, R. (2016). Harnessing the genetics of the modern dairy cow to continue improvements in feed efficiency. *Journal Dairy Science* 99, 4941-54.
- Viglizzo, E. F.; Frank, F. C.; Carreño, L.V.; Jobbágy, E.G.; Pereyra, H.; Clatt, J.; Pincén, D. and Ricard, M. F. (2011). Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology* 17, 959–973.
- World Bank. (2017). Open data. <https://data.worldbank.org/country/argentina>. Acceso Septiembre 2018.

Capítulo 3

Un ordeño diario en vacas lecheras en lactancia completa: resultados de experimentos, tambos comerciales y trabajos de simulación. Revisión bibliográfica.

Una versión resumida de este capítulo fue presentada en el 37° Congreso AAPA – 2nd Joint Meeting ASAS-AAPA – XXXIX Congreso SOCHIPA. 2014. Lazzarini, B.; Baudracco, J.; Lopez-Villalobos, N.; y Lyons, N.
<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/5380/4996>

RESUMEN

Ordeñar una vez al día es una alternativa que puede contribuir a mejorar el estilo de vida de las personas que trabajan en el tambo. Sin embargo, es esperable una disminución en la producción de leche que podría afectar la rentabilidad de los sistemas lecheros. El objetivo de este trabajo fue revisar resultados de ensayos experimentales, datos de tambos comerciales y estudios de simulación de vacas con un ordeño diario (UOD) durante toda la lactancia. Los estudios experimentales han demostrado que la producción de leche por vaca en los sistemas con UOD se reduce aproximadamente 22% a 35% en comparación con vacas con dos ordeños diarios (DOD); mientras que los resultados de tambos comerciales han demostrado que la pérdida de producción de leche después de varios años con UOD puede ser menor al 10%. El aumento de la carga animal es una estrategia utilizada con frecuencia para compensar la disminución en producción individual en tambos con UOD. La producción de sólidos de leche por vaca también se reduce al implementar UOD. Sin embargo, esta reducción es menor que la reducción en litros de leche, debido a que el contenido de sólidos aumenta en vacas con UOD. Se espera que el recuento de células somáticas (RCS) se incremente al reducir la frecuencia de ordeño, aunque en rodeos que tienen buena sanidad de ubre, la incidencia de infecciones mamarias parece no ser un problema. Pese a esto, es esperable que una mayor cantidad de vacas sean rechazadas en sistemas con UOD comparado a DOD, debido a problemas de ubre tales como alto RCS, mastitis, conformación de ubres. La performance reproductiva mejora con UOD, lo que permite reducir el rechazo de vacas por causas reproductivas. Debido al menor ingreso económico por venta de leche, se espera que el resultado económico de los sistemas con UOD sea menor que con sistemas con DOD, pero no necesariamente negativo. La disminución en gastos de mano obra y otros gastos relacionados con el ordeño pueden compensar parcialmente la disminución generada por

menores ingresos de venta de leche en tambos con UOD. Los programas de mejoramiento genético permiten actualmente seleccionar animales con ciertos rasgos funcionales que se adaptan mejor a UOD. Se requiere más investigación para evaluar el impacto ambiental de los sistemas con UOD. Esta revisión indica que existen evidencias productivas y económicas para considerar UOD como una opción viable para los productores lecheros.

INTRODUCCION

La lechería es considerada mundialmente una actividad poco atractiva, debido principalmente a los horarios de trabajo poco compatibles con la vida social, poco flexibles, y rutinarios. Esto podría explicar la dificultad de atraer y retener personas calificadas en el tambo (Bewsell *et al.*, 2008; Tipples *et al.*, 2010). Una estrategia que podría contribuir a lograr una lechería más atractiva y que permita reducir la rotación de personal es la implementación de un ordeño diario (UOD) durante toda la lactancia (Tipples *et al.*, 2010). Los principales beneficios reportados para esta alternativa incluyen: menor cantidad de horas de trabajo, horarios más convenientes, menor demanda laboral, menor estrés sobre las personas y mayor eficiencia de la mano de obra (Holmes, 2011).

También se reportó que los tambos con UOD generan beneficios relacionados a los animales: mejora de la salud animal (excepto para salud de ubres), mejora de parámetros reproductivos y mejora de la condición corporal (Stelwagen *et al.*, 2013). La principal limitante para que los productores adopten UOD es la disminución en producción individual de leche en comparación con sistemas con dos ordeños diarios (DOD) (Davis *et al.*, 1998; Stelwagen *et al.*, 2013), y consecuentemente el menor ingreso económico (Edwards, 2018; Lazzarini *et al.*, 2018). Además, este sistema genera un desafío para mantener niveles aceptables en el recuento de células somáticas (RCS) en leche.

Existen tres fuentes principales de información sobre UOD: resultados de ensayos experimentales, información de tambos comerciales, y estudios de simulación. La mayoría de los ensayos experimentales que compararon la performance productiva de vacas en UOD con DOD, durante la lactancia completa, se llevaron a cabo principalmente en Nueva Zelanda (Claesson *et al.*, 1959; Holmes *et al.*, 1992; Cooper *et al.*, 2000; Clark *et al.*, 2006); aunque también se ha evaluado esta alternativa en Francia (Remond *et al.*, 2004) e Irlanda (O'Brien

et al., 2007). En los últimos años se ha generado información valiosa sobre vacas con UOD en tambos comerciales (Anderle and Dalley, 2007; DairyNZ, 2016; Edwards, 2018; Lembeye *et al.*, 2016). La mayoría de los datos publicados sobre ensayos y tambos comerciales se ha generado bajo sistemas lecheros pastoriles. También se han publicado estudios de simulación, algunos de estos incluso evaluando resultados económicos y de riesgo de diferentes escenarios bajo UOD (Armstrong and Ho 2009; Lazzarini *et al.*, 2018).

El objetivo de este capítulo fue revisar las principales características de los sistemas lecheros con UOD, utilizando datos de ensayos experimentales, de tambos comerciales y de estudios de simulación. Aunque existen revisiones previamente publicadas sobre este tema (Davis *et al.*, 1998; Stelwagen *et al.*, 2013), ninguna de ellas incluyó información sobre el desempeño de vacas con UOD en tambos comerciales. Además, en las revisiones previas no se considera el impacto económico de UOD.

Si bien hay estudios que muestran información sobre el uso estratégico de UOD (períodos de escasez de alimento, lactancia temprana, lactancia tardía), en esta revisión solo se presentan resultados de UOD realizado durante la lactancia completa. Estos resultados incluyen impacto económico, performance productiva y reproductiva, razones de descarte de vacas en sistemas con UOD y avances en mejoramiento genético. Los resultados de sistemas con UOD que se presentan en este trabajo siempre se comparan con sistemas con DOD, a menos que se especifique lo contrario. Se espera que esta revisión sobre sistemas lecheros con UOD en lactancia completa ayude a los productores y asesores a tomar una decisión informada con respecto a la adopción de esta alternativa.

MATERIALES Y METODOS

Ensayos experimentales e información de tambos comerciales

Se encontraron seis experimentos de campo que compararon el rendimiento productivo de vacas con UOD y DOD durante toda la lactancia. Tres de estos estudios se realizaron en Nueva Zelanda (Holmes *et al.*, 1992; Cooper *et al.*, 2000; Clark *et al.*, 2006); uno en Francia (Remond *et al.*, 2004), uno en Irlanda (O'Brien *et al.*, 2007) y uno en Suecia (Claesson *et al.*, 1959). Dos de los estudios de Nueva Zelanda también compararon diferentes razas de vacas (Holstein Friesian; HF y vacas Jersey; J, Holmes *et al.*, 1992; Clark *et al.*, 2006). Clark *et al.* (2006) y Cooper *et al.* (2000) también compararon UOD y DOD utilizando diferente carga animal (Tabla 1). Todos estos ensayos de campo, excepto el experimento realizado en Francia (Remond *et al.*, 2004), se llevaron a cabo utilizando vacas de baja a media producción de leche (menos de 6.500 kg de leche por vaca por lactancia con DOD). En dichos estudios, las vacas fueron alimentadas principalmente con pasturas, y además recibieron poca o nula suplementación (menos de 450 kg de concentrado/vaca por año; O'Brien *et al.*, 2007). Remond *et al.* (2004) utilizaron vacas lecheras HF con una producción de 7.000 kg de leche/vaca por lactancia (bajo DOD). Estas vacas estuvieron en pastoreo aproximadamente la mitad del año y fueron suplementadas con 2 kg de alimento concentrado por vaca por día durante el periodo en pastoreo; mientras que durante el periodo invernal permanecieron estabuladas y recibieron una ración totalmente mezclada. Los seis experimentos reportaron producción de leche y sólidos de leche, RCS, peso vivo y diferentes parámetros reproductivos, excepto el estudio de Holmes *et al.* (1992), en el que no se reporta la performance reproductiva.

Con respecto a la información generada en tambos comerciales, cuatro estudios reportan resultados de numerosos grupos de vacas con UOD y DOD en Nueva Zelanda (Anderle and Dalley 2007; DairyNZ 2016; Edwards, 2018; Lembeye *et al.*, 2016) (Tabla 1). Anderle and Dalley (2007) recolectaron información de 22 tambos con UOD y reportaron resultados económicos. DairyNZ (2016), utilizando una base de datos nacional que contiene los datos de animales requeridos para realizar la evaluación genética de animales en Nueva Zelanda (New Zealand Dairy Industry Good Animal Database; DIGAD) incluye información de 230 y 425 rodeos con UOD y DOD, respectivamente, apareados geográficamente el país. Aunque no se reporta el número exacto de vacas en cada grupo, se estimó que la base de datos comparó aproximadamente 96.370 vacas con UOD y 178.075 vacas con DOD de acuerdo con el número promedio de vacas por rodeo de los tambos de Nueva Zelanda (LIC, 2017a). Más de 50% de los rodeos con UOD, en esta base de datos, se encontraba bajo UOD durante al menos cuatro años (DairyNZ, 2016). Los rodeos con UOD tuvieron mayor cantidad de vacas J y cruce HFxJ (68% de los rodeos evaluados) y menor cantidad de vacas HF (23%). Lembeye *et al.* (2016) incluyeron datos productivos de 11.848 HF; 11.677 J y 27.720 vacas cruce HF x J con pariciones en primavera que estuvieron bajo UOD entre 2008 y 2012. Los últimos resultados reportados de tambos comerciales en Nueva Zelanda con UOD, corresponden a cuatro bases de datos del país, en las que también se incluye la base de datos mencionada previamente (DIGAD) (Edwards, 2018). En este trabajo se reporta información productiva, reproductiva y económica de nueve años con aproximadamente 3.800 y 630 rodeos con DOD y UOD, respectivamente (cantidad de rodeos en 2016-2017). En la tabla 1 se presentan las principales características de los ensayos experimentales y de los tambos comerciales mencionados.

Tabla 1. Características de los estudios con ensayos experimentales y tambos comerciales que compararon la performance de vacas con un ordeño diario y dos ordeños diarios.

Referencia	País	Raza ¹	n ²	Carga animal (vacas/ha)	Peso vivo (kg)
Ensayos experimentales					
Claesson <i>et al.</i> , 1959	Suecia	SRB	-	-	-
Clark <i>et al.</i> , 2006	NZ ³	J, HF	143	3,0-4,2	392-548
Cooper <i>et al.</i> , 2000	NZ ³	HFxJ	65	3,0	461-491
Holmes <i>et al.</i> , 1992	NZ ³	J, HF, HFxJ	24	-	425-477
O'Brien <i>et al.</i> , 2007	Irlanda	HF	60	-	627- 678
Remond <i>et al.</i> , 2004	Francia	HF	18	-	700-720
Tambos comerciales					
Anderle and Dalley, 2006	NZ	J, HF, HFxJ	2.287	-	-
DairyNZ, 2016	NZ	J, HF, HFxJ	274.445 ⁶	-	403-471 ⁴
Edwards, 2018	NZ	J, HF, HFxJ	1.909.330 ⁷	-	403-490 ⁵
Lembeye <i>et al.</i> , 2016	NZ	J, HF, HFxJ	51.245	-	403-471 ⁴

¹ SRB: Sueca roja y blanca; H:Holstein Friesian; J: Jersey; HFxJ: cruce Holstein Friesian x Jersey

²Cantidad de vacas totales evaluadas en ensayos experimentales o tambos comerciales

³NZ; Nueva Zelanda

^{4,5}Peso vivo correspondiente al peso promedio de las diferentes razas de vacas lecheras en Nueva Zelanda en

⁴2016-2017(LIC, 2017a) y ⁵2017-2018 (LIC, 2018)

^{6,7} Cantidad de vacas estimadas en base al promedio de vacas por rodeo en Nueva Zelanda en ⁶ 2016-2017 (LIC, 2017a) y 2017-2018 (LIC, 2018)

Estudios de simulación

Se incluyeron en esta revisión dos estudios de simulación que reportan los resultados productivos y económicos de vacas con UOD en sistemas pastoriles con suplementación (Armstrong and Ho, 2007; Lazzarini *et al.*, 2018). Estos estudios se centraron en investigar el impacto económico y el riesgo de sistemas con UOD, generando diferentes escenarios en los que se asumieron diferentes porcentajes de disminución en producción de leche por vaca y se modificaron otras variables como la carga animal, la concentración de sólidos en leche y los gastos asociados al tambo.

Armstrong and Ho (2007) compararon diferentes escenarios de UOD con un sistema promedio en Victoria (Australia) con DOD. Los escenarios simulados bajo UOD asumieron

una disminución en la producción de sólidos por vaca (de 10% a 30%), un aumento de la carga animal (20%) y un aumento del consumo de materia seca por ha (20%). Lazzarini *et al.* (2018) compararon cuatro escenarios de UOD con un escenario de DOD simulado con vacas alimentadas con pastura y elevada suplementación (siete a nueve toneladas de MS de suplementos/ha por año) lo cual es diferente a la mayoría de la información generada en el mundo en sistemas con UOD (bajo a medio nivel de suplementación). Los escenarios de UOD en este estudio incluyeron una disminución en la producción de leche por vaca que vario en el rango de 30% a 10%, mayor carga animal (10%), mayor concentración de grasa (6%) y proteína (5%), aumento en el precio de la leche (5%) y un menor costo de la mano de obra (15% y 30%), en comparación con el escenario de DOD.

RESULTADOS

Producción de leche y sólidos de leche en vacas con un ordeño diario

Resultados basados en experimentos de campo y datos de tambos comerciales. En la Tabla 1 se muestran los principales resultados de los ensayos y tambos comerciales que compararon vacas con UOD y DOD. Los datos de tambos comerciales publicados por DairyNZ (2016) y Edwards (2018), no se presentan en la Tabla 2 debido a que reportan principalmente porcentajes para comparar los rodeos con UOD y DOD. Como ejemplo, presenta el porcentaje de disminución de pérdida de leche en rodeos con UOD, comparado con DOD, pero no presenta la producción en lt o kg para cada rodeo. Sin embargo, los porcentajes de disminución en producción de leche y sólidos de estos estudios se pueden observar en la Figura 1.

La disminución en la producción de leche que se produce al pasar de DOD a UOD ha sido ampliamente documentada (Davis *et al.*, 1999; Stelwagen *et al.*, 2013). La disminución en

producción de leche por vaca más elevada fue reportada por Claesson *et al.* (1959), quienes encontraron una reducción en producción individual entre 50% y 60% en vacas con UOD. Estos ensayos se realizaron hace más de 50 años, y posiblemente alguna circunstancia relacionada al manejo animal de esa época hizo que la diferencia sea tan alta. En los ensayos experimentales más recientes, revisados en este trabajo la reducción en el volumen de leche producido por vaca y en la producción de sólidos por vaca varió de 22% a 35% (29.4% en promedio) y de 20% a 31% (25.6% en promedio), respectivamente, en comparación con vacas con DOD (Tabla 2; Figura 1).

El aumento de carga animal en sistemas con UOD permite compensar parcialmente la reducción en la producción de leche por vaca. Clark *et al.* (2006) establecieron una carga animal 17% más elevada para vacas con UOD y encontraron que los sistemas de UOD con vacas J y HF produjeron 9% y 18% menor cantidad de leche/ha, respectivamente, mientras que la producción de leche/vaca se redujo 22% (J) y 31% (HF). Del mismo modo, Cooper *et al.* (2000), con una carga animal 14% más elevada en sistemas de UOD, reportaron una disminución en el volumen de leche y en la producción de sólidos por vaca de 26% y 30%, respectivamente, mientras que el volumen de leche y la producción de sólidos de leche/ha se redujeron 20% y 18%, respectivamente.

El aumento de la carga animal en sistemas pastoriles con poca suplementación puede disminuir el consumo de materia seca debido a la menor cantidad de pasto disponible por vaca (Holmes *et al.*, 1992), o disminuir la calidad de la dieta consumida debido a que las vacas se ven obligadas a comer los estratos inferiores de la pastura (McCarthy *et al.*, 2001). Por lo tanto, en sistemas con UOD en los que se aumenta la carga animal y se ofrecen bajos niveles de suplementación, puede haber un efecto confuso entre la disminución de la

producción de leche debido a la frecuencia de ordeño y la disminución debido a una mayor carga animal y una menor cantidad y calidad de alimento disponible por vaca.

Tabla 2. Resultados productivos de ensayos experimentales y tambos comerciales que compararon vacas con dos ordeños diarios (DOD) y un ordeño diario (UOD) durante toda la lactancia.

Referencia	Raza ¹	Ordeños ²	Leche (lt/vaca/año)	GB (kg/vaca/año)	Proteína (kg/vaca/año)	GB (%)	P (%)	Duración lactancia (días)	RCS ³ x1000
Ensayos experimentales									
Clark <i>et al.</i> , 2006	J	UOD	2.211	129	94	5,83	4,22	229	248
	J	DOD	2.839	162	116	5,67	4,06	242	175
	HF	UOD	2.914	131	106	4,48	3,64	230	298
	HF	DOD	4.234	187	149	4,42	3,52	244	160
Cooper <i>et al.</i> , 2000	HFxJ	UOD	2.427	122	93	5,09	3,86	255	219
	HFxJ	DOD	3.543	177	131	5,11	3,75	269	127
Holmes <i>et al.</i> , 1992	J, HF, HFxJ	UOD	2.810	144	110	5,14	3,93	241	-
		DOD	4.320	208	162	4,93	3,79	253	-
O'Brien <i>et al.</i> , 2007	HF	UOD	4.437	195	157	4,40	3,53	295	124
	HF	DOD	6.013	240	198	3,99	3,29		118
Remond <i>et al.</i> , 2004	HF	UOD	5.114	236	167	4,75	3,35	293	110
	HF	DOD	7.323	315	225	4,40	3,14	305	88
Tambos comerciales									
Lembeye <i>et al.</i> , 2016	J	UOD	2.427	132	101	5,65	4,18	270	69
	J	DOD	2.929	162	119	5,54	4,06	270	66
	HF	UOD	2.879	136	109	4,71	3,78	270	79
	HF	DOD	3.824	167	137	4,37	3,57	270	70
	HFxJ	UOD	2.787	143	110	5,14	3,96	270	78
	HFxJ	DOD	3.446	169	131	4,90	3,80	270	67

¹ H:Holstein Friesian; J: Jersey; HFxJ: cruce Holstein Friesian x Jersey

² UOD: un ordeño diario; DOD : dos ordeños diarios

³ RCS: recuento de células somáticas

La concentración de grasa y proteína en leche aumenta cuando las vacas se ordeñan una vez al día (Davis *et al.*, 1998). Sin embargo, este efecto sobre la concentración de sólidos no resulta suficiente para compensar las pérdidas de producción de sólidos por vaca. En los experimentos revisados, se encontró un aumento promedio de 4,1% y 4,4% en el contenido de grasa y proteína, respectivamente en rodeos con UOD (Tabla 2). Se sugiere que los cambios en la composición de la leche de las vacas con UOD son causados por cambios en la permeabilidad de las células epiteliales secretoras combinado con un efecto de concentración de los sólidos debido a un menor volumen de producción de leche (Stelwagen *et al.*, 2013).

La información proveniente de tambos comerciales (Lembeye *et al.*, 2016) con vacas bajo UOD, en Nueva Zelanda, indicó que las vacas produjeron 22% menos leche (2.698 kg/vaca por año en UOD y 3.420 en DOD) y 17% (50,2 kg) menos sólidos (Figura 1). Esta disminución en la producción observada en sistemas comerciales es considerablemente menor que el promedio obtenido en estudios experimentales, lo que indica que en sistemas comerciales existen adaptaciones de manejo que pueden aminorar el efecto negativo de UOD. En el mencionado estudio las vacas de primera lactancia fueron más afectadas que las vacas con mayor cantidad de partos; con las primíparas disminuyendo la producción de leche y sólidos 25% y 21% respectivamente, mientras que la disminución en vacas multíparas fue de 21% (leche) y 16% (sólidos), cuando se ordeñaron una vez al día. De acuerdo con Davis *et al.* (1998), el menor tamaño de la cisterna de la glándula mamaria en vacas de primera lactancia, en comparación con vacas multíparas, explicaría por qué UOD es mejor tolerado por vacas multíparas.

Los resultados presentados por DairyNZ (2016), con información de tambos comerciales, sugieren que los efectos sobre la producción de leche de las vacas ordeñadas una vez al día

depende de la cantidad de años que los rodeos han permanecido con esta frecuencia de ordeño. El volumen de leche por vaca disminuyó 24%, 19% y 10% en el primer, segundo o tercer y cuarto o quinto año de aplicar UOD (Figura 1). Esto podría explicarse por la eliminación o descarte, que realizan los productores en tambos comerciales, de vacas que no son adecuadas para UOD. En esta base de datos, los porcentajes de grasa y proteína aumentaron entre 5 y 7%, en los rodeos con UOD (DairyNZ, 2016).

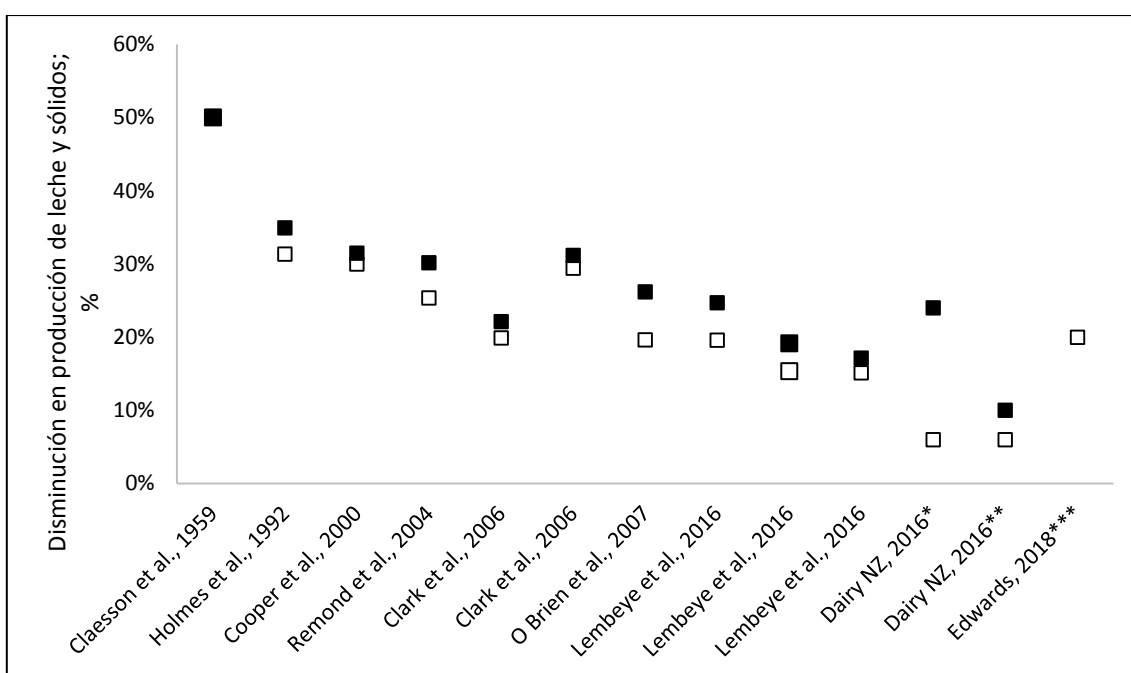


Figura 1. Porcentaje de disminución en la producción individual de leche (marcador negro) y sólidos de leche (marcador blanco) en vacas con un ordeño diario (UOD), comparado con dos ordeños diarios (DOD), en ensayos experimentales y tambos comerciales. * ***, Tambos comerciales en su 1er, y 4to y 5to año bajo UOD, respectivamente. *** Tambos comerciales en su 5to año bajo UOD.

El último trabajo que reporta datos de tambos comerciales en Nueva Zelanda (Edwards, 2018) mostró que los tambos que cambiaron su frecuencia de ordeño de DOD a UOD disminuyeron 11% la producción de sólidos/año respecto al año previo, cuando ordeñaban

dos veces al día. Sin embargo, luego del cuarto año ordeñando una vez al día estos tambos produjeron mayor cantidad de sólidos que en el año previo a cambiar su frecuencia de ordeño. Por lo tanto, según DairyNZ (2016) y Edwards (2018), en sistemas con UOD es posible producir similar cantidad de sólidos que ordeñando dos veces al día luego de varios años de implementar UOD, y de reemplazar las vacas que no se adaptaron al cambio en la frecuencia de ordeño.

Tradicionalmente las vacas lecheras se han seleccionado bajo DOD, por lo tanto, es esperable que una proporción de vacas no se adapte a UOD (Holmes, 2011). Algunas vacas se secan anticipadamente, producen poca cantidad de leche, aumentan el RCS y tienen mayor incidencia de mastitis. Los productores lecheros que adoptan sistemas de UOD probablemente no mantienen en el rodeo animales que no se adaptan a UOD, por lo que después de varios años ordeñando una vez al día se esperaría que la mayoría de las vacas sean adecuadas para esta frecuencia de ordeño. En contraste, cuando se llevan a cabo experimentos, las vacas no son reemplazadas por cuestiones de diseño experimental, y esta podría ser la razón detrás de la diferencia en los resultados entre los experimentos de campo y los estudios en tambos comerciales. Por lo tanto, las condiciones experimentales podrían no ser representativas de lo que realmente ocurre en los tambos comerciales donde se ordeñan las vacas una vez al día durante varios años.

Interacción entre frecuencia de ordeño y raza. Estudios experimentales (Clark *et al.*, 2006) y de tambos comerciales (Lembeye *et al.*, 2016) sugieren que existe interacción entre la frecuencia de ordeño y la raza. Clark *et al.* (2006), encontraron que las vacas de raza J disminuyeron la producción de leche por vaca 22%, mientras que las vacas HF disminuyeron la producción 31% cuando se ordeñaron una vez al día, bajo las mismas condiciones

experimentales. Similarmente, Lembeye *et al.* (2016) reportaron que vacas HF fueron más afectadas por UOD que vacas Jersey y que sus cruzas (HFxJ) (Tabla 1). Estos trabajos son los únicos que comparan diferentes razas, y sugieren que las vacas J y cruce HFxJ serían más tolerantes a UOD que vacas HF. Holmes *et al.*, (1992) también investigaron las diferencias entre razas, sin embargo, no se pudo detectar interacción entre la raza y la frecuencia de ordeño, posiblemente debido a que el ensayo se realizó con un número reducido de vacas.

La Figura 2 muestra la concentración de sólidos en leche de vacas en los ensayos experimentales y en los estudios de tambos comerciales revisados en este trabajo (con DOD), en un eje y el porcentaje de disminución de producción de leche cuando las vacas se ordeñan una vez al día, en el otro eje. Aunque la correlación de estas variables es baja ($R^2 = 0,19$), se puede observar una tendencia que sugiere que las razas con un mayor porcentaje de sólidos presentan una menor disminución de producción de leche en comparación con razas con menor porcentaje de sólidos, por lo que serían más adecuadas para UOD.

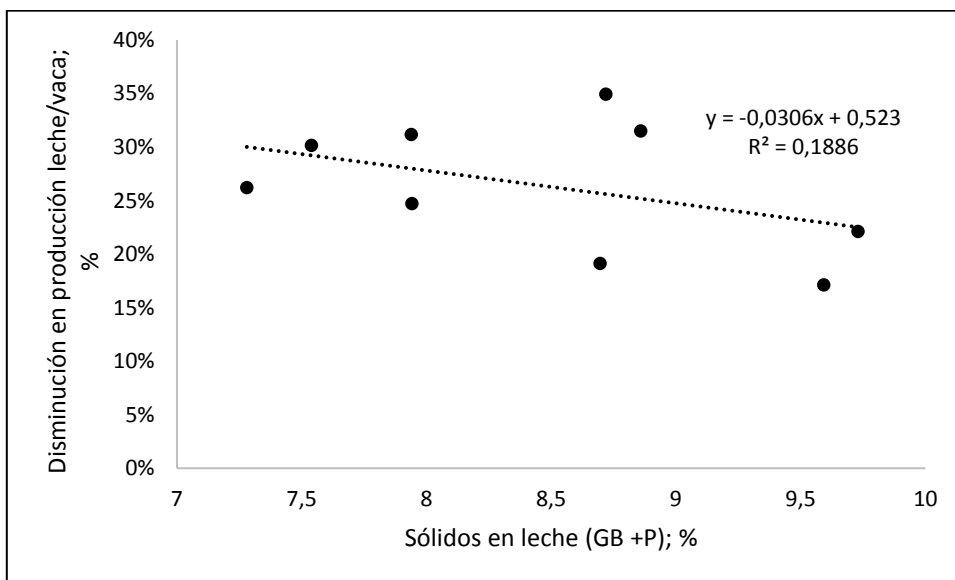


Figura 2. Concentración de sólidos en leche (grasa butirosa; GB y proteína; P) en vacas con dos ordeños diarios (DOD) (eje x) y porcentaje (%) de disminución de producción de leche/vaca con un ordeño diario (UOD).

Davis *et al.*, (1999) propuso que para minimizar la reducción en producción de leche es importante que la glándula mamaria tenga suficiente capacidad de almacenamiento de leche. Las alternativas para lograr este objetivo serían la selección de vacas con mayor capacidad de almacenamiento de leche en la cisterna de la glándula o bien la selección de animales con menor producción de leche, pero mayor concentración de sólidos como vacas Jersey o sus cruza.

Recuento de células somáticas y mastitis

Los estudios experimentales y de tambos comerciales muestran que el RCS tiende a ser siempre mayor en vacas con UOD (Tabla 2). Sin embargo, dos experimentos no han encontrado diferencias en el RCS entre vacas con UOD y DOD (Remond *et al.*, 2004; Obrien *et al.*, 2007). En la Figura 3 se muestra el porcentaje de incremento en el RCS en vacas con UOD, comparado con vacas con DOD, en los ensayos experimentales y en tambos comerciales.

El aumento en el RCS en vacas con UOD no siempre implica una mayor incidencia de mastitis (Stelwagen *et al.*, 2013). Se hipotetizó que el incremento en el RCS observado en vacas con UOD podría explicarse por un efecto de concentración de células somáticas en leche, en vez de un efecto de infección de ubres, ya que la secreción de células somáticas se mantiene constante pero la producción de la leche es menor en vacas con UOD en comparación con vacas con DOD (Kamote *et al.*, 1994). Esto se ve respaldado por el hecho de que la ubre solo está expuesta a potenciales daños y ataques bacterianos (posible infección) una vez durante el día (Lacy-Hulbert *et al.*, 2005).

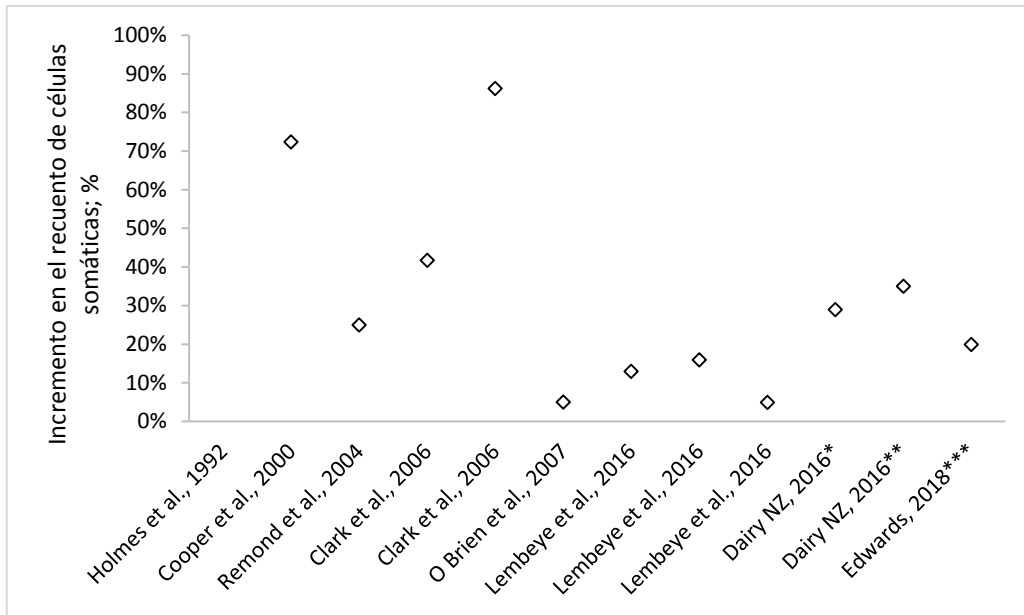


Figura 3. Porcentaje de incremento en el recuento de células somáticas (RCS) en vacas con un ordeño diario (UOD), comparado con dos ordeños diarios (DOD) en ensayos experimentales y tambos comerciales. *, **, Tambos comerciales en su 1er y, 4to y 5to año bajo UOD, respectivamente. ***Tambos comerciales en su 5to año bajo UOD.

Sin embargo, Gleeson *et al.* (2007) reportó que la mayor cantidad de leche acumulada en la ubre en vacas con UOD, podría aumentar la presión sobre el esfínter del pezón y provocar pérdidas de leche, lo que permitiría que las bacterias ingresen a la glándula mamaria aumentando el riesgo de mastitis ambiental. Cooper *et al.* (2000) sugiere que UOD podría aumentar la gravedad de los casos cuando ocurre mastitis, debido al mayor intervalo entre ordeños en UOD, lo que permitiría que cualquier infección no detectada durante el único ordeño diario se establezca rápidamente para el próximo ordeño. Lacy-Hulbert *et al.* (2005) propusieron que disminuir la frecuencia de ordeño de DOD a UOD no aumentaría la cantidad de casos de mastitis, siempre que la prevalencia general de esta enfermedad en el rodeo sea baja.

En Nueva Zelanda, donde se ha generado la mayoría de la información sobre UOD, el RCS promedio del rodeo nacional es generalmente bajo (promedio de 187,000 / mL para la temporada 2015-2016; LIC, 2017a). Además, los estudios experimentales se han llevado a cabo principalmente con vacas con un bajo RCS de células somáticas (menos de 200,000 / mL). Por lo tanto, en estos casos, un aumento en el RCS, causado por UOD, probablemente no excedería el umbral de penalización de las industrias lácteas (basado en estándares europeos de calidad de la leche). Sin embargo, para aquellos productores que no logran mantener niveles medios a bajos en el RCS en sus rodeos, ordeñar una vez al día podría generar un mayor riesgo debido a las mayores infecciones de ubres y penalizaciones en el precio de la leche.

Considerando que es probable que el RCS se incremente y también la prevalencia de mastitis cuando se ordeña una vez al día, es posible que estos sistemas tengan una mayor tasa de descarte de vacas debido a esta causa, lo que incrementaría la tasa de reposición de vacas y los gastos veterinarios. Además, podrían producirse sanciones en el precio de la leche debido a un elevado RCS. Por lo tanto, el cambio de DOD a UOD se recomendaría solo en aquellos rodeos con bajo RCS, y para productores que logren eficiencia en la crianza de hembras de reemplazo que les permita enfrentar una posible mayor tasa de descarte debido a problemas de ubres.

Desempeño reproductivo

La reproducción es un factor importante que determina la eficiencia de los sistemas lecheros (Esposito *et al.*, 2014). Se sugiere que ordeñar una vez al día mejora el desempeño reproductivo de las vacas, ya que una menor producción de leche reduce la duración del balance energético negativo que ocurre inmediatamente después del parto, lo que a su vez

podría contribuir a un inicio más rápido de la actividad lútea, y reducir potencialmente el intervalo entre el parto y el servicio (O'Brien *et al.*, 2007). Los resultados revisados en este trabajo sugieren que ordeñar una vez al día mejoraría el desempeño reproductivo o al menos no tendría un efecto adverso, siempre que los celos se detecten en forma efectiva (Cooper, 2000).

El experimento realizado por Clark *et al.* (2006) reportó que las vacas ordeñadas una vez al día lograron una mejor performance reproductiva, incrementando la tasa de inseminación y la tasa de concepción (medida en 3 semanas), aunque no se observaron diferencias en la tasa de preñez final. Además, las vacas con UOD concibieron 3 días antes y tuvieron un intervalo parto-concepción más corto (5 días). Remond *et al.* (2004) reportaron que las vacas con UOD tuvieron mayor tasa de preñez que con DOD; 89% y 57%, respectivamente.

Los resultados de tambos comerciales concuerdan con los resultados encontrados en los experimentos y reportan menor cantidad de inseminaciones por vaca, con 1,12 servicios por preñez en rodeos con UOD y 1,20 servicios por preñez en DOD (DairyNZ 2016). Similarmente, los tambos comerciales analizados por Edwards (2018) mostraron que los rodeos con UOD tuvieron mayor tasa de preñez medida en 3 semanas (59% DOD; 64% UOD) y en 6 semanas (82% DOD y 87% UOD). Del mismo modo, Hemming *et al.* (2018) evaluó diferentes parámetros reproductivos en vacas con UOD y DOD en Nueva Zelanda, comparando 75 rodeos de vacas con UOD y 76 rodeos con DOD, durante 3 años (2014 a 2016). Al igual que los resultados presentados en otros estudios, los parámetros reproductivos analizados resultaron mejores en los rodeos con UOD: 8% mayor tasa de inseminación (medida en 3 semanas), 8% mayor tasa de concepción y 10% mayor tasa de preñez (medida en 6 semanas), comparado con los rodeos con DOD. Los autores concluyeron que una mejor condición corporal al momento del servicio en vacas con UOD y la menor cantidad de horas

trabajadas en los tambos con UOD, que permitirían dedicar mayor tiempo al manejo del tambo, son las principales causas que mejorarían la reproducción en estos sistemas (Hemming *et al.*, 2018).

Causas de rechazos en sistemas con vacas con un ordeño diario

Existe escasa información sobre las causas de rechazo de vacas en rodeos con UOD; sin embargo, se espera que la tasa de rechazo sea mayor que en sistemas con DOD. Esto se debe al mayor descarte de vacas por un aumento en el RCS, como también debido a problemas relacionados a la conformación de ubre, lo que es más crítico en sistemas con UOD (Rocha *et al.*, 2017a). Por el contrario, dado que los parámetros reproductivos de las vacas ordeñadas una vez al día mejoran en comparación con vacas con DOD (Clark *et al.*, 2006), la tasa de rechazo debido a problemas reproductivos debería reducirse.

Un estudio realizado en Nueva Zelanda en un tambo experimental, en el que las vacas se ordeñaron una vez al día durante más de tres años, reportó una tasa de descarte del 23% (Rocha *et al.*, 2017a), lo cual es superior a la tasa de descarte promedio de 19% reportada para tambos comerciales de Nueva Zelanda (Xu y Burton, 2003). Las principales razones de eliminación de vacas en este tambo experimental (Rocha *et al.*, 2017a) fueron fertilidad (37%), problemas de ubre (30%; conformación de ubre, mastitis, elevado RCS) y baja producción de leche (13%). En dicho estudio, el porcentaje de vacas descartadas debido a la conformación de ubre fue mucho mayor que el reportado para vacas con DOD en Nueva Zelanda (19.9% versus 2.9%; Xu y Burton, 2003). Del mismo modo, el rechazo por causas de mastitis y alto RCS fue mayor en el estudio con UOD que en el rodeo promedio de Nueva Zelanda (10.3% versus 7.5%). Por el contrario, el porcentaje de vacas descartadas debido a

razones reproductivas (principalmente vacas vacías) fue menor en UOD que en el promedio de NZ (37.2% versus 44.8%) (Xu y Burton, 2003).

DairyNZ (2016) reportó tasas de descarte similar entre rodeos con UOD y DOD, aproximadamente 27% en ambos casos. Los rodeos con UOD tuvieron mayor tasa de descarte debido a problemas de ubres (15% versus 6.8%) y baja producción de leche (8.8% versus 6.1%) que los rodeos con DOD. Sin embargo, los rodeos con UOD mostraron una tasa de descarte más baja debido a problemas reproductivos (24% versus 32%). Estos datos también coinciden con información presentada por Edwards (2018), quien reportó menor porcentaje de vacas rechazadas por causas reproductivas en los rodeos con UOD y mayores porcentajes de rechazo por baja producción y problemas de ubre, incluidos problemas de mastitis.

Es esperable una mayor tasa de rechazo por problemas de ubre en vacas con UOD, por tal motivo, los productores deben considerar cuidadosamente los rasgos asociados a características de la ubre al seleccionar todos para su rodeo. La selección de toros que mejoren estos rasgos podrían aumentar la longevidad de las vacas y, por lo tanto, mejorar la eficiencia económica de los tambos con UOD (Rocha *et al.*, 2017b).

Mejoramiento genético para rodeos con un ordeño diario

Los productores que llevan adelante sistemas lecheros con UOD ponen especial énfasis en rasgos de conformación y manejo de las vacas (Rocha *et al.*, 2017c). Si bien se enfocan en rasgos productivos, comenzaron a observar el comportamiento, el temperamento y otros atributos físicos (de tipo) que son deseables para vacas con UOD. Rocha *et al.* (2017b) evaluaron los rasgos de manejo y conformación de vacas en un tambo experimental con UOD (promedio de producción 3.980 kg de leche / vaca por lactancia); con diferentes razas (vacas

HF, J y HF x J). Cada uno de los rasgos evaluados se calificó por separado en una escala confeccionada para tal fin (DairyNZ, 2014). En dicha evaluación, las vacas J tuvieron los puntajes más deseables para los rasgos de ubre (suspensión e inserción de la ubre y puntaje general de ubre). Sin embargo, no se detectaron diferencias entre las razas para los rasgos de manejo, incluida la adaptabilidad al ordeño, el temperamento en la sala de ordeño y la velocidad de ordeño. Durante los tres años en los que se realizó esta evaluación, los puntajes para los rasgos de manejo aumentaron para el rodeo, es decir que al final de los tres años de evaluación las vacas tuvieron rasgos de manejo más deseables, debido al descarte ejercido en favor de dichos rasgos. Los puntajes para los rasgos de ubre disminuyeron con el número de lactancia y los puntajes más deseables para suspensión e inserción se encontraron en las vacas de la primera lactancia. Estos rasgos de manejo y conformación de ubre influyen en la permanencia de las vacas en el rodeo, definida esta como el número de días desde el parto hasta el rechazo de la vaca.

Rocha *et al.* (2017c) analizaron los rasgos relacionados a la permanencia de las vacas en sistemas con UOD y concluyeron que la adaptabilidad al ordeño y la suspensión de la ubre están significativamente relacionadas con la mayor permanencia de las vacas en los sistemas de UOD, lo que significa que aquellas vacas con puntaje poco deseable para estos rasgos tienen mayores posibilidades de ser rechazadas en dichos sistemas. Los resultados también mostraron que las vacas HF tenían más posibilidades de ser rechazadas en sistemas con UOD que vacas J y que HfxJ. Para poder seleccionar vacas que se adapten a UOD, se deben incluir los rasgos mencionados en un índice de mérito genético.

El Breeding Worth (BW) es un índice de mérito genético que se utiliza en Nueva Zelanda y que clasifica a las vacas y a los toros por su capacidad de producir hembras de reemplazo rentables y eficientes en sistemas con DOD (DairyNZ, 2019). Este índice combina valores

genéticos con sus respectivos pesos económicos relativos (se muestran entre paréntesis) para ocho rasgos: volumen de leche (-13%), rendimiento de grasa (20%) y proteína (18%), score de células somáticas (-7%), peso vivo de la vaca (-11%), fertilidad de la vaca (13%), longevidad (11%) y puntaje de condición corporal (7%). En marzo de 2016 se publicó por primera vez en el mundo, un índice de mérito genético para sistemas con UOD, en Nueva Zelanda (LIC, 2017b); para posibilitar a los productores con sistemas con UOD criar vacas más adecuadas para estos sistemas. Los rasgos y los pesos económicos relativos incluidos en el nuevo índice para UOD son: volumen de leche (-14%), grasa (11%) y proteína (29%), puntuación de células somáticas (-6%), peso vivo de la vaca (-12%), fertilidad de la vaca (5%), puntaje de condición corporal (2%), capacidad corporal (4%), velocidad de ordeño (5%), soporte de ubres (10%) y colocación de pezones delanteros (2%). Se puede observar que tanto los rasgos y los pesos económicos para sistemas con UOD son diferentes a los de DOD detallados más arriba. El índice de mérito genético (BW) para UOD pone más énfasis en aquellos rasgos que son deseables en vacas con UOD, rasgos tales como el soporte de ubres, la colocación de los pezones, la velocidad de ordeño y la capacidad corporal; los cuales no se incluyen directamente en el BW para DOD.

Cuando el índice de mérito genético se calcula utilizando los rasgos incluidos para la selección de animales adaptados a UOD, los toros se posicionan de manera diferente comparado con el ranking que arroja el índice tradicional utilizado en Nueva Zelanda (BW) (LIC, 2017b), diseñado para vacas con DOD. Esto significa que existen toros cuyas hijas serán más aptas para UOD que las hijas de otros toros. Por lo tanto, los productores actualmente tienen la posibilidad de seleccionar vacas que se adapten mejor a UOD y que puedan tener mayor longevidad en el sistema contribuyendo a un sistema lechero rentable.

Resultado económico de sistemas lecheros con un ordeño diario

A pesar de la mejora en el estilo de vida de los empleados (Bewsell *et al.*, 2008) y de los mejores resultados en el desempeño reproductivo de las vacas (Clark *et al.*, 2006), las vacas en los sistemas con UOD sufren una disminución evidente en la producción de leche que a su vez afecta el ingreso por venta de leche en el tambo. Aunque hay pocos estudios que evalúan el resultado económico de sistemas con UOD, en Nueva Zelanda aproximadamente 500.000 vacas se ordeñan una vez al día (Edwards, 2018), por lo que puede especularse que, al menos bajo ciertas condiciones, UOD sería una alternativa económicamente viable. Los estudios disponibles con información económica de sistemas con UOD de tambos comerciales y de estudios de simulación en Nueva Zelanda, Argentina y Australia fueron reportados por Anderle and Dalley (2007); Armstrong and Ho (2009) y Lazzarini *et al.*(2018).

Resultado económico de sistemas con un ordeño diario en tambos comerciales. Anderle and Dalley (2007) publicaron datos de una encuesta realizada en 22 tambos que cambiaron de DOD a UOD. El tamaño de tambos varió de 183 a 835 vacas y las mismas habían sido ordeñadas una vez al día durante dos a cuatro años. En dicho estudio reportaron que los gastos, incluidos sanidad animal, gastos relacionados al ordeño, electricidad, gastos en pastura y suplementos y mano de obra, disminuyeron en promedio 25,5% en los tambos con UOD en comparación con el promedio de tambos que ordeñan dos veces al día. La reducción total en producción de sólidos en estos tambos fue de sólo 5,6%. Los gastos relacionados al ordeño y movilidad, junto con la electricidad fueron los items que tuvieron una mayor reducción. Además, los gastos de mano obra se redujeron 24%. En este estudio, la reducción de los ingresos debido a la reducción de las ventas de leche fue compensada por la reducción,

y, por otra parte, la caída en la producción de leche (sólidos) fue mucho menor que la reportada en estudios experimentales.

Un estudio más reciente en Nueva Zelanda (DairyNZ, 2016) comparó tambos comerciales de UOD con DOD que poseían registros económicos confiables. Estos tambos fueron similares en tamaño y carga animal (122-125 ha y 2,75 vacas / ha). Los resultados mostraron que los tambos con UOD tuvieron 14% menos de ingresos económicos por ha debido a la menor producción de sólidos por vaca (16%) y por ha (16%). En los tambos con UOD, los gastos disminuyeron 11%, sin embargo, esto no fue suficiente para compensar la reducción en las ventas de leche. En consecuencia, el resultado económico de los tambos con UOD y la rentabilidad fueron 25% y 16% inferiores (pero positivos) en comparación con los tambos con DOD.

Para compensar la disminución en los ingresos de leche que se produce al pasar a UOD, el costo de la producción de leche también debe reducirse para mantener un nivel equivalente de rentabilidad. DairyNZ (2016) propuso que la reducción de costos requerida en los tambos con UOD, para seguir siendo tan rentable como con DOD, debe ser equivalente a la reducción en el ingreso por venta de leche. Como ejemplo, si el ingreso por venta de leche, en DOD, es de \$ 6,0/vaca por día (20 lt/vaca por día y \$0,30/lt) y el costo de producción es de \$5/vaca por día, el beneficio económico es \$1,0/vaca por día. Si se pasa de DOD a UOD y la producción de leche se reduce 30% entonces el ingreso será de \$4,2 /vaca por día. Para que el sistema con UOD genere el mismo beneficio económico que con DOD, es decir \$1,0/ vaca por día, el costo debería reducirse a \$3,2/vaca por día lo que implica una proporción mayor a lo que disminuyó el ingreso (30% versus 36%).

Así, a mayor precio de la leche, mayor debe ser la reducción de costos en los sistemas con UOD para mantener el mismo resultado económico que antes de adoptar este sistema. Lo que

implica que los sistemas con UOD podrían ser más convenientes cuando el precio de la leche es bajo (DairyNZ, 2016). Si no se logra reducir el costo de producción, entonces el resultado operativo será menor que en los sistemas con DOD, pero no necesariamente negativo.

El pago de leche para la temporada 2013-2014 y 2014-2015 reportados en la base de datos de DairyNZ (2016) fue elevado (~ US\$ 0,37 / kg de leche - promedio de ambas temporadas; LIC 2017a), y por lo tanto más conveniente para sistemas con DOD. Sin embargo, en años de precios bajo, UOD puede ser una alternativa más rentable como ocurrió en el trabajo de Anderle and Dalley (2007) (~ US\$ 0,28 / kg de leche; temporada 2005-2006; LIC, 2017a).

Se hipotetizó en un estudio (Anderle and Dalley 2007) que la razón que motiva al productor a adoptar UOD tiene un impacto en los resultados económicos del tambo. En dicho estudio se concluyó que los productores que adoptaron UOD principalmente buscando una mejora en el estilo de vida tuvieron beneficios económicos menores que aquellos productores que adoptaron UOD buscando hacer crecer su negocio lechero.

Resultado económico de sistemas con un ordeño diario en estudios de simulación. Se identificaron dos estudios de simulación que investigaron el resultado económico de sistemas con UOD, uno en Australia y otro en Nueva Zelanda. Los estudios de Australia evaluaron diferentes escenarios, principalmente disminuyendo la producción de sólidos en 30%, 20% y 10%. Para los escenarios de UOD, asumieron ahorro en mano de obra (30%) en gastos relacionados al ordeño (30%), en comparación con el escenario de DOD. Los resultados indicaron que la rentabilidad en los sistemas con UOD aumentó levemente (6%) respecto a DOD, solamente cuando la producción de sólidos por vaca se redujo 10% en comparación con el escenario de DOD. En el mismo estudio, el aumento de la carga animal de 18% (de 3,3 a 3,9 vacas / ha) mejoró el resultado económico de los escenarios con UOD, pero no fue

suficiente para compensar la menor venta de leche por disminución de la producción individual.

Otro estudio de simulación, en Argentina, evaluó la alternativa de ordeñar una vez al día con vacas en pastoreo con elevada suplementación (Lazzarini *et al.*, 2018), suponiendo un rango de disminuciones en la producción de leche por vaca desde 30 a 10%. En este estudio, los sistemas con UOD se simularon con 10% más carga animal, precio de la leche 5% más elevado (debido al mayor contenido de sólidos) y menor costo de mano de obra (15% y 30%) en comparación con sistemas con DOD. Este trabajo concluyó que los sistemas con UOD pueden ser tan rentables como los sistemas con DOD, siempre que los costos de mano de obra se reduzcan al menos en 30% y la producción de leche por vaca disminuya sólo 10%. Un análisis de riesgo realizado en este estudio indica que los sistemas con UOD serían más riesgosos que los sistemas con DOD frente a condiciones variables de mercado (que afectan el precio de la leche y de los alimentos concentrados) y de clima (que afecta la producción de alimentos), ya que la probabilidad de tener años con ganancias negativas sería mayor que en los sistemas con DOD.

Aunque la rentabilidad de los sistemas con UOD disminuyó tanto en tambos comerciales como en estudios de simulación revisados, UOD pueden ser una alternativa rentable (con resultados económicos positivos) siempre que se mantenga baja la disminución en la producción de leche y que los gastos se puedan reducir en gran medida. La disminución de los gastos se podría lograr principalmente a partir de la reducción en gastos de mano de obra (por menor tiempo de tareas de ordeño), gastos relacionados al ordeño, electricidad y sanidad animal (DairyNZ, 2016).

Otra ventaja de los sistemas con UOD es que permitirían producir leche a partir de tierras que son inaccesibles para las vacas con DOD (Holmes *et al.*, 2011), debido a que las vacas

sólo se ordeñan una vez al día (menor distancia de caminata). Una posibilidad adicional que brindan los sistemas con UOD es que permitirían ordeñar más vacas en las mismas instalaciones, lo que podría reducir el gasto de capital en instalaciones de ordeño (Holmes *et al.*, 2011).

Impacto ambiental de sistemas con un ordeño diario

En las últimas décadas se ha producido una intensificación de los sistemas lecheros en el mundo, lo que ha resultado en mayor carga animal, mayor cantidad de leche por ha, mayor uso de alimentos concentrados en la dieta y mejora del mérito genético de las vacas (Bava *et al.*, 2014). Sin embargo, esta intensificación ha aumentado el riesgo de contaminación ambiental (MacLeod, 2006). Los sistemas lecheros del futuro deben ser sustentables, aumentar la eficiencia de los recursos y minimizar los impactos negativos sobre el medio ambiente. Existe literatura limitada sobre el impacto potencial de sistemas con UOD sobre el ambiente. Un estudio realizado en Nueva Zelanda evaluó la eficiencia de la utilización de nitrógeno (Correa Luna *et al.*, 2017), y reportó mayor eficiencia en la utilización de nitrógeno en vacas con UOD, lo que implica que estos sistemas generarían menores pérdidas de nitrógeno y, por lo tanto, podrían causar potencialmente menos daño al medio ambiente.

Chobtang *et al.* (2017) comparó diferentes indicadores ambientales en un tambo experimental en Nueva Zelanda (117 ha y 262 vacas totales) de sistemas con UOD con sistemas promedio de DOD del país. La mayoría de los indicadores ambientales para el tambo con UOD resultaron inferiores (~20%) comparados con los valores calculados para sistemas promedio con DOD. En este trabajo se concluyó que la baja cantidad de alimentos e insumos importados al sistema de UOD (sistemas con menor grado de intensificación respecto al promedio neozelandés), fueron responsables de los valores más bajos en los indicadores

ambientales. Si bien se requiere más investigación para concluir acerca del impacto ambiental de los sistemas con UOD, parecería que los sistemas que combinen un UOD con menor intensificación tienen menos impacto en el medio ambiente que los tambos con DOD.

CONCLUSIONES

La información discutida en este trabajo sugiere que la transición de DOD a UOD está asociada a una reducción en producción de leche e incremento de riesgo de aumento en el RCS. La proporción de disminución en el rendimiento de la leche dependerá de la paridad, la raza y la cantidad de años de adopción de UOD en el tambo. Los estudios sobre tambos comerciales que han utilizado UOD por varios años, sugieren que las pérdidas en la producción de leche después de cambiar de DOD a UOD son inferiores a las reportadas en ensayos experimentales. El aumento de carga animal en sistemas con UOD compensa parcialmente el menor ingreso por venta de leche. Los problemas asociados a salud y conformación de ubre en las vacas con UOD generan un aumento en la cantidad de animales rechazados del rodeo por esta causa, lo que podría compensarse con una mejora en el desempeño reproductivo y consecuentemente una menor tasa de rechazo debido a fallas reproductivas, generando un efecto aparentemente neutro en la cantidad total de vacas rechazadas. Se ha demostrado que UOD es una alternativa rentable, siempre que se minimicen las pérdidas en producción de leche y se reduzcan los gastos en el tambo. Para que el sistema de UOD resulte exitoso deberá tener vacas adaptadas a ese sistema. El desarrollo de rodeos lecheros que pueden adecuarse a UOD parece posible a través de una estrategia de selección a largo plazo. No existen suficientes evidencias para concluir acerca del impacto ambiental de los sistemas con UOD.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderle, R. and Dalley, D. (2007). Can You Make Money Milking Once a Day (OAD)?. Proceedings of the Once-A-Day Milking Conference, 16-17 April 2007, Hamilton, New Zealand, pp. 34-38.
- Armstrong, D. P. and Ho, C. (2009). Economic impact of switching to once-a-day milking on a dairy farm in northern Victoria. *AFBM Journal* 6, 55-62.
- Bava, L.; Sandrucci, A.; Zucali, M.; Guerci, M. and Tamburini, A. (2014). How can farming intensification affect the environmental impact of milk production? *Journal of Dairy Science* 97, 4579-93.
- Bewsell, D.; Clark, D.A. and Dalley, D.E. (2008). Understanding motivations to adopt once-a-day milking amongst New Zealand dairy farmers. *Journal of Agricultural Education and Extension* 14, 69-80.
- Chobtang, J.; Sneddon, N.; McLaren, S.J.; Donaghy, D.; Lopez-Villalobos, N.; Correa Luna, M. and Ledgard, S. (2017). Environmental evaluation of once-a-day milking on a pasture-based dairy system in New Zealand. Occasional Report No. 31. Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Claesson, O.; Hanson, A.; Gustafsson, N.; Brannang, F. (1959). Studies on monozygous cattle twins XVII. Once-a-day milking compared with twice-a-day milking. *Acta Agriculturae Scandinavica* 9, 38-58.
- Clark, D.A.; Phyn, C.V.C.; Tong, M.J.; Collis, S.J. and Dalley, D.E. (2006). A systems comparison of once versus twice daily milking of pastured dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 1854–1862.
- Cooper, C. (2000). Once-a-day milking: Possible and profitable?. Proceedings of South Island Dairy Event (SIDE): Healthy, Wealthy and Wise, 5-7 July 2000, Invercargill, New Zealand, pp. 152–163.
- Correa Luna, M.; Lopez-Villalobos, N.; Donaghy, D.J.; Kemp, P.D.; Almeida Jr, G.A.; (2017). Brief communication: Efficiency of crude protein utilization and milk urea nitrogen content in Friesian, Jersey and crossbred cows milked once daily. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 77, 88-90.
- Davis, S. R.; Farr, V. C. and Stelwagen, K. (1998). Once-Daily Milking of Dairy Cows: An Appraisal. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. New Zealand Society of Animal Production 59, 36-40.
- DairyNZ (2014). Evaluation systems for traits other than production (TOP) for dairy cattle in New Zealand. https://www.dairynz.co.nz/media/1205535/TOP_Booklet_A4.pdf. Acceso Octubre 2017.
- DairyNZ (2016). Full season once-a-day milking. <https://www.dairynz.co.nz/animal/herd-management/once-a-day-milking/full-season-once-a-day-oad-milking/>. Acceso Septiembre 2016.
- DairyNZ (2019). All about breeding worth. <https://www.dairynz.co.nz/animal/animal-evaluation/interpreting-the-info/all-about-bw/>. Acceso Diciembre 2019.
- Edwards, P. (2018). Comparison of milk production and herd characteristics in New Zealand herds milked once or twice a day. *Animal production Science* 59, 570-580.
- Esposito, G.; Irons, P. C.; Webb, E.C. and Chapwanya, A. (2014). Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Animal Reproduction Science* 144, 60-71.

- Gleeson, D.E.; O'Brien, B.; Boyle, L. and Earley, B. (2007). Effect of milking frequency and nutritional level on aspects of the health and welfare of dairy cows. *Animal* 1, 125–132.
- Hemming, N. V.; McNaughton, L. R. and Couldrey, C. (2018). *New Zealand Journal of Animal Science and Production* 78, 170-172.
- Holmes, C.W.; Wilson, G.F.; Mackenzie, D.D.S. and Purchas, J. (1992). The effects of milking once daily throughout lactation on the performance of dairy cows grazing on pasture. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 52, 13–16.
- Holmes, C.W. (2011). OAD milking with OAD cows: the future for NZ's low-cost grazing systems. *Proceedings of the South Island Dairy Event (SIDE): Healthy, Wealthy and Wise, 5-7 July 2000, Invercargill, New Zealand*, pp. 1–15.
- Kamote, H.I.; Holmes, C.W.; Mackenzie, D.D.S.; Holdaway, R.J. and Wickham, B.W. (1994). Effect of once daily milking in later lactation on cows with low or high initial somatic cell counts. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 54, 285–287.
- Lacy-Hulbert, S.J.; Woolford, M.W.; Nicholas, G.D.; Prosser, C.G. and Stelwagen, K. (1999). Effect of milking frequency and pasture intake on milk yield and composition of late lactation cows. *Journal of Dairy Science* 82, 1232–1239.
- Lazzarini, B.; Lopez-Villalobos, N.; Lyons, N.; Hendrikse, L. and Baudracco, J. (2018). Productive, economic and risk assessment of grazing dairy systems with supplemented cows milked once a day. *Animal* 12, 1077-1083.
- Lembeye, F.; Lopez-Villalobos, N.; Burke, J. L. and Davis, S. R. (2016). Milk production of Holstein-Friesian, Jersey and crossbred cows milked once-a-day or twice-a-day in New Zealand, *New Zealand Journal of Agricultural Research* 59, 50-64.
- LIC Livestock Improvement Corporation. (2017a). New Zealand dairy statistics. <https://www.lic.co.nz/about/dairy-statistics/>. Acceso Diciembre 2017.
- LIC Livestock Improvement Corporation (2017b). Once-a-day. <https://www.licnz.com/oad.cfm>. Acceso Diciembre 2017.
- LIC Livestock Improvement Corporation. (2018). New Zealand dairy statistics. <https://www.lic.co.nz/about/dairy-statistics/>. Acceso Noviembre 2019.
- McCarthy, B.; Delaby, L.; Pierce, K.M.; Journot, F. and Horan, B. (2011). Meta-analysis of the impact of stocking rate on the productivity of pasture-based milk production systems. *Animal* 5, 784-794.
- MacLeod, C.J. and Moller, H. (2006) Intensification and diversification of New Zealand agriculture since 1960: An evaluation of current indicators of land use change. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 115, 201-218.
- O'Brien, B.; Gleeson, D.; Boyle, L. and Mee, J. (2007). Reduced milking frequency creates opportunity for automatic milking systems. *Proceedings of the International symposium on advances in milking, 11 April 2007, Radisson, Cork, Irlanda*, pp. 106-114.
- Rémond, B.; Pomiès, D.; Dupont, D. and Chilliard, Y. (2004). Once-a-day milking of multiparous Holstein cows throughout the entire lactation: milk yield and composition, and nutritional status. *Animal Research* 53, 201–212.
- Rocha, J.F.; Lopez-Villalobos, N. and Burke, J.L. (2017a). Culling reasons in once-a-day milking cows and differences in production and type traits between retained and culled cows. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 77, 200-204.
- Rocha, J.F.; Lopez-Villalobos, N.; Burke, J.L. and Donaghy, D.J. (2017b). Traits other than production over lactations and production seasons in dairy cows milked once a day in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 60, 386-403.

- Rocha, J.F.; Lopez-Villalobos, N.; Burke, J.L.; Sneddon, N.W. and Donaghy, D.J. (2017c). Factors that influence the survival of dairy cows milked once a day. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 2017, 1-15.
- Stelwagen, K.; Phyn, C.V.C.; Davis, S.R.; Guinard-Flament, J.; Pomiès, D.; Roche, J.R. and Kay, J.K. (2013). Invited review: Reduced milking frequency: Milk production and management implications. *Journal of Dairy Science* 96, 3401–3413.
- Tipples, R.; Trafford, S.; Callister, P. (2010). The factors which have resulted in migrant workers being essential workers on New Zealand dairy farms. Labour, employment and work conference. Wellington, New Zealand, pp. 1-12.
- Xu, Z. and Burton, L. (2003). Reproductive performance of dairy cows in New Zealand. Livestock Improvement Corporation, Hamilton, New Zealand. <https://www.lic.co.nz/user/file/Monitoring%20fertility%20report%20for%20distribution.pdf>

Capítulo 4

Evaluación productiva, económica y de riesgo en sistemas lecheros pastoriles con vacas suplementadas, ordeñadas una vez al día.

La versión en inglés de este capítulo fue publicada en 2018 en el Journal Animal 12, 1077-1083. Lazzarini, B; López-Villalobos , N; Lyons, N; Hendrikse, L; and Baudracco, J.
<https://doi.org/10.1017/S1751731117002853>

RESUMEN

Ordeñar una vez al día, en vez de dos veces al día, es una práctica de manejo que puede ayudar a reducir el esfuerzo y la demanda laboral en el tambo. Sin embargo, esta práctica disminuye la producción de leche por vaca comparado con dos ordeños diarios (DOD), lo que puede afectar el resultado económico de estos sistemas. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto productivo y económico y el riesgo de reducir la frecuencia de ordeño de DOD a un ordeño diario (UOD) en sistemas pastoriles, con suplementación, de Argentina. Se evaluaron cinco escenarios utilizando simulaciones determinísticas y estocásticas: un escenario con DOD (DODAR) y cuatro escenarios con UOD. Los escenarios de UOD asumieron que la producción de leche por vaca disminuyó 30% (UOD30), 24% (UOD24), 19% (UOD19) y 10% (UOD10), en comparación con el escenario DODAR. La carga animal se incrementó (10%) en todos los escenarios con UOD. Se consideraron dos niveles de reducción en el costo de mano de obra en sistemas con UOD: 15% y 30% respecto a DOD. El precio del alimento concentrado y de la leche, y el rendimiento de las pasturas y cultivos se aleatorizaron usando funciones probabilísticas, para evaluar el riesgo de los escenarios propuestos. El escenario UOD10 tuvo similar producción de leche/ha que DODAR, ya que el aumento de carga animal compensó la reducción en la producción individual de leche. Para los escenarios UOD30, UOD24 y UOD19, el mayor número de vacas/ha compensó parcialmente la reducción en producción individual y la producción de leche/ha disminuyó 21%, 15% y 10%, respectivamente, en comparación con DODAR. El resultado económico por ha por año también disminuyó en todos los escenarios con UOD, respecto a DODAR, y fue US\$ 684, US\$ 161, US\$ 303, US\$ 424 y US\$ 598 para DODAR, UOD30, UOD24, UOD19, UOD10, respectivamente, cuando el costo de la mano de obra se redujo 15% en los escenarios de UOD. Sin embargo, cuando el costo laboral se redujo 30%, el escenario

UOD10 mostró mayor resultado económico (US\$ 706/ha) que DODAR. Las simulaciones estocásticas mostraron que la exposición al riesgo sería mayor en los escenarios con UOD en comparación con DODAR. Se sugiere que los sistemas con UOD podrían ser una alternativa atractiva para aquellos productores que puedan afrontar una disminución en el resultado económico de su tambo con el objetivo de obtener mejores condiciones de trabajo (mayor flexibilidad y menor demanda laboral); o bien para productores que logren minimizar las pérdidas en producción de leche y reducir en gran medida los costos.

INTRODUCCION

Atraer y retener a personas calificadas para trabajar en el tambo es un desafío en los sistemas lecheros de muchos países productores de leche, ya que la lechería ofrece, en general, condiciones laborales poco atractivas. La demanda laboral y el esfuerzo requerido para ordeñar vacas podría ser uno de los principales factores que explican la alta tasa de rotación de empleados en los tambos (Poulter and Sayers, 2015). El ordeño es una tarea que se realiza al menos dos veces al día, 365 días al año, muchas veces en horarios que no son compatibles con la vida social (Bewsell *et al.*, 2008). La reducción de la frecuencia de ordeño, de dos ordeños diarios (DOD) a un ordeño diario (UOD) permite aumentar la flexibilidad laboral y mejorar la calidad de vida de los empleados, así como también incrementar la posibilidad de atraer y retener empleados (Tipples *et al.*, 2007). Además, UOD ha demostrado tener ventajas en el desempeño reproductivo de las vacas (Clark *et al.*, 2006). Sin embargo, las principales desventajas de UOD incluyen una disminución en la producción de leche por vaca y por hectárea (Stelwagen *et al.*, 2013) y un aumento en el recuento de células somáticas (RCS) en leche, en comparación con rodeos con DOD (Clark *et al.*, 2006; O'Brien *et al.*, 2007), lo cual podría incrementar la aparición de mastitis clínica en el rodeo y el riesgo de penalización en el precio de la leche.

Ordeñar una vez al día es una alternativa que puede utilizarse ya sea a lo largo de toda la lactancia o estratégicamente en ciertos momentos de la misma (Stelwagen *et al.*, 2013). Estudios experimentales (ensayos a campo) reportaron una disminución en la producción de leche por vaca que varió entre 22% a 50% cuando las vacas fueron ordeñadas una vez al día durante toda la lactancia, en comparación con vacas ordeñadas dos veces al día (Stelwagen *et al.*, 2013). La producción individual de leche reportada en estos experimentos estuvo en el

rango de ~ 2.800 kg (vacas Jersey; Clark *et al.*, 2006) a 7.300 kg (vacas Holstein; Remond *et al.*, 2004) en lactancia completa con DOD.

Por otro lado, información generada en tambos con UOD, en Nueva Zelanda, mostró que la producción de leche se redujo 24% durante el primer año, después de cambiar la frecuencia de ordeño de DOD a UOD; además fue posible atenuar la disminución a sólo 10% en el volumen de leche producido, durante el cuarto y quinto año de transitar el cambio (DairyNZ, 2016). Estas vacas produjeron en promedio 4.185 kg/vaca por año cuando fueran ordeñadas dos veces al día (LIC, 2017).

La mayoría de la información generada en sistemas con UOD proviene de ensayos y tambos comerciales con vacas en pastoreo con bajo uso de suplementos; sólo existe un experimento publicado que evalúa vacas en pastoreo con altos niveles de suplementación (3 toneladas de MS de suplementos /vaca por año) con UOD durante toda la lactancia (Remond *et al.*, 2004). En este último experimento, las vacas con UOD produjeron 5.114 kg de leche/vaca en un período de 305 días, que representó 30% menos de leche que las vacas ordeñadas dos veces al día en el mismo experimento.

Una estrategia para superar la disminución de producción de leche por vaca, en los sistemas con UOD, es aumentar la carga animal, lo que permite atenuar la reducción de la producción de leche por hectárea (Clark *et al.*, 2006). Aunque el volumen de leche vendida se reduce en los sistemas con UOD, debido a la menor producción de leche por vaca, los gastos de mano de obra y otros gastos asociados al ordeño también se reducen (Anderle and Dalley, 2007), por lo que resulta de gran importancia evaluar la rentabilidad de los sistemas lecheros con UOD. La exposición de estos sistemas al riesgo, podría ser mayor que en sistemas con DOD debido a la reducción en la cantidad de leche vendida.

No existen estudios que evalúen el resultado económico y el riesgo de sistemas lecheros con vacas con UOD durante toda la lactancia en sistemas pastoriles con elevado nivel de suplementación como se propone en el presente estudio. Aunque los ensayos a campo son necesarios para investigar el impacto de UOD sobre la productividad, la rentabilidad y el riesgo de los sistemas lecheros, el uso de modelos de simulación resulta una herramienta valiosa para representar situaciones reales (Bryant *et al.*, 2005) y probar hipótesis alternativas cuando los recursos económicos son limitados. El objetivo de este estudio fue simular el impacto económico y productivo, y el riesgo de reducir la frecuencia de ordeño de DOD a UOD para vacas suplementadas en sistemas pastoriles de Argentina, asumiendo diferentes porcentajes de reducción de leche por vaca en los sistemas con UOD. El riesgo de los sistemas evaluados se estudió a través de escenarios de mercado incierto (que afectan el precio de la leche y de los alimentos concentrados), así como escenarios de clima incierto (que afectan la producción de las pasturas y cultivos).

MATERIALES Y METODOS

Con el propósito de investigar el impacto productivo y económico y riesgo de reducir la frecuencia de ordeño de DOD a UOD, se crearon cinco escenarios diferentes: un escenario para representar un sistema lechero con DOD (DODAR); y cuatro escenarios alternativos para representar sistemas con UOD. Cada escenario con UOD representó un porcentaje diferente de disminución de la producción de leche por vaca, en comparación con el escenario DODAR. Luego, se utilizó un modelo de simulación de sistemas lecheros para realizar simulaciones determinísticas y estocásticas para cada uno de los escenarios evaluados.

Escenarios simulados

Se simularon cinco escenarios productivos para investigar los efectos de reducir la frecuencia de ordeño sobre los resultados productivos y económicos y el riesgo de sistemas lecheros. El escenario DODAR representó un tambo con DOD, y se confeccionó a partir de datos de un ensayo de dos años en sistemas lecheros en Argentina (Baudracco *et al.*, 2011). Dicho ensayo se realizó con vacas con partos de primavera, que pastoreaban alfalfa (*Medicago sativa L.*) y además consumían suplemento. Para generar los escenarios con UOD se utilizaron datos de tambos comerciales y de ensayos experimentales. En comparación con rodeos con DOD, diferentes experimentos de lactancia completa, en todo el mundo, han reportado, en promedio, una disminución de 30% en la producción de leche por vaca cuando se ordeña una vez al día (Capítulo 3-Holmes *et al.*, 1992; Cooper, 2000; Remond *et al.*, 2004; Clark *et al.*, 2006, O'Brien *et al.*, 2007). Por otro lado, datos de una encuesta de 230 tambos con UOD y 425 tambos con DOD, en Nueva Zelanda, (DairyNZ, 2016) mostraron que la producción de leche por vaca en tambos comerciales, que cambiaron de DOD a UOD, disminuyó en promedio 24% durante el primer año, 19% durante el segundo y tercer año y durante el cuarto y quinto año ordeñando una vez al día, la producción de leche disminuyó sólo 10%, en comparación con los rodeos con DOD. Las simulaciones se realizaron sobre escenarios estabilizados, es decir no se tuvo en cuenta el momento de transición de DOD a UOD.

Considerando la información proveniente de ensayos experimentales y tambos comerciales mencionada anteriormente, los cuatro escenarios con UOD se diseñaron para representar una reducción en la producción de leche similar a los experimentos (reducción del 30%; UOD30) y una reducción de la producción de leche similar a la de tambos comerciales que cambiaron a UOD durante el primer año (reducción del 24%; OAD24), segundo y tercer año (reducción del 19%; OAD19) y cuarto y quinto año (reducción del 10%; OAD10). Todos los escenarios

con UOD asumieron que la producción de leche por vaca disminuyó en comparación con el escenario DODAR. En el modelo de simulación, esta estrategia se realizó haciendo coincidir los requerimientos de la vaca con el suministro de alimento, para que sea consistente con las supuestas reducciones en la producción de leche.

Modelo de simulación de sistemas lecheros

Se utilizó el modelo de simulación e-dairy, determinístico y estocástico, que simula resultados productivos, económicos y el riesgo en sistemas lecheros (Baudracco et al., 2013). El modelo *e-Dairy* simula diariamente la producción de leche, grasa y proteína, peso vivo y condición corporal durante un periodo de 365 días para vacas individuales, 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 (Baudracco *et al.*, 2013). 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 (energía metabolizable y fibra detergente neutro), descripción del rodeo (número de vacas, patrón de pariciones), estructura de edad, condición corporal inicial, peso vivo, probabilidades de preñez por servicio, merito genético (potencial de producción de leche, grasa y proteína) y datos económicos relacionados a los ingresos, egresos y al capital invertido.

El modelo permite realizar simulaciones determinísticas y estocásticas. Un modelo determinístico es un modelo matemático que, utilizando los mismos datos de entrada, generará invariablemente las mismas salidas en cada corrida. En cambio, en los modelos estocásticos, al menos una de las variables es tomada como dato aleatorio utilizando funciones probabilísticas (Baudracco *et al.*, 2013). Esto último se logra permitiendo que un

grupo de variables se comporten de forma aleatoria, como la producción de las pasturas y cultivos y el precio de la leche y de los alimentos concentrados; de esta manera se puede evaluar el riesgo de los diferentes sistemas lecheros ante condiciones climáticas y de mercado variables. En este trabajo, para simular numerosas situaciones probables, se realizaron 1.000 corridas aleatorias para cada uno de los sistemas evaluados. Esto significa que se simularon 1.000 posibles años con diferentes combinaciones de las variables: condiciones climáticas, precio de leche y precio de concentrados.

Supuestos productivos y económicos utilizados

Superficie y carga animal. Se realizaron simulaciones para representar un tambo de 100 ha, utilizadas exclusivamente para vacas en ordeño y vacas secas. La pastura y los cultivos para reserva se produjeron en esta superficie y se asumió que los concentrados se importaban al sistema. Se utilizaron 86 ha para pastura de alfalfa y 14 ha para cultivo de sorgo para silaje (*Sorghum Vulgare L.*). La carga animal para DODAR fue 2,60 vacas /ha, tomando en cuenta el estudio utilizado como referencia (Baudracco *et al.*, 2011), y se incrementó 10% para los escenarios con UOD (2,86 vacas/ha) para compensar la menor producción de leche por vaca; esto es una práctica habitual en sistemas lecheros que implementan UOD (Clark *et al.*, 2006).

Alimentos ofrecidos y calidad nutricional. La producción y calidad de materia seca, asumida para todos los escenarios, fueron las que se informaron en el estudio que se usó como referencia (Baudracco *et al.*, 2011). Los rendimientos de materia seca fueron 12.100 y 11.060 kg de MS/ha para pastura de alfalfa y silaje de sorgo, respectivamente. La calidad de los alimentos, en términos de energía metabolizable, fue 10,65 MJ/kg de MS para alfalfa, 9,05 MJ/kg de MS para silaje de sorgo y 12,50 MJ/kg de MS para los alimentos concentrados.

Las cantidades de suplementos (silaje, heno y concentrado) ofrecidos por vaca en kg de MS/año fueron 3.043, 2.421, 2.585, 2.752 y 3.135 para DODAR, UOD30, UOD24, UOD19, UOD10, respectivamente. Se asumió una eficiencia de utilización (alimento consumido/alimento ofrecido x 100) de 95% para el silaje de sorgo y los alimentos concentrados. La eficiencia de utilización de la pastura fue estimada por el modelo, para cada situación. Para calcular la eficiencia de utilización de la pastura, el modelo toma en cuenta el consumo potencial de materia seca de pastura por vaca, según los requerimientos de la vaca, y la cantidad y calidad de pastura y de suplementos ofrecidos por vaca (Baudracco *et al.*, 2011).

Animales y composición de la leche. Se utilizaron vacas cruza Holstein Friesian x Jersey (HFxJ), de 512 kg de peso vivo al momento del parto, para simular todos los escenarios. Se simuló un patrón de partos concentrados con pariciones de Julio a Septiembre. Las tasas de mortalidad fueron 10% para los terneros y 6% para las vacas, los mismos valores para todos los escenarios. Se asumió una tasa de descarte de 19%, por lo tanto, la tasa de reemplazo o reposición (vacas descartadas más vacas muertas) fue 25%, similar a la reportada para sistemas lecheros pastoriles en Lazzarini *et al.* (2019). La concentración de grasa y proteína en leche fue 3.89% y 3.59%, respectivamente, para DODAR, según lo informado en el estudio utilizado como referencia (Baudracco *et al.*, 2011). Según las tendencias observadas en datos de tambos comerciales con UOD (DairyNZ, 2016), se asumió un incremento de 6% y de 5% para la concentración de grasa y proteína, respectivamente, para todos los escenarios con UOD en comparación con DODAR.

Ingresos económicos. Los precios de la leche utilizados para las simulaciones determinísticas fueron US\$ 0,300/kg de leche para el escenario DODAR y US\$ 0,315/kg de

leche para los escenarios con UOD, debido a las mayores concentraciones de sólidos de leche de estos sistemas.

Gastos de alimentación. El costo de MS producido en el tambo fue de US\$ 342 y US\$ 762/ha por año para pasturas de alfalfa y silaje de sorgo, respectivamente. Los costos de silaje incluyen los gastos desde la implantación hasta el ensilado del mismo. El precio de los alimentos concentrados fue de US\$ 0,230/kg de MS. Se consideró un costo adicional de US\$ 0,051/kg de MS para la distribución del silaje y heno en un mixer (incluye sueldos del personal, combustible, amortización y mantenimiento de la maquinaria).

Gastos de mano de obra. El gasto de mano de obra se consideró como un porcentaje del total de la venta de leche (Lazzarini *et al.*, 2019). Se asumió 13% para el escenario DODAR (\$ 66.998 / año; gasto de mano de obra total) y 11% para los escenarios con UOD, debido a una menor demanda laboral, lo que representa un ahorro en el gasto de mano de obra de 15% para los escenarios con UOD (13% versus 11%). Se realizó un análisis adicional para evaluar el impacto de reducir 30% el costo de mano de obra, para los escenarios con UOD, según lo propuesto por Anderle and Dalley (2007), en este caso gasto de mano de obra representó 9% del total de leche vendida (13% versus 9%).

Gastos del rodeo. Los gastos asociados al rodeo fueron similares para todos los escenarios. La sanidad animal, la inseminación y el control lechero, los gastos relacionados al ordeño (excepto mano de obra) y la distribución de efluentes se asumieron en US\$ 70, US\$ 33, US\$ 24 y US\$ 10/vaca por año, respectivamente. El gasto de electricidad fue US\$ 0,003 / kg de leche producida.

Gastos indirectos y arrendamiento de la tierra. Los gastos indirectos, que incluyen reparaciones y mantenimiento, gastos de vehículos, gastos administrativos fijos y amortización del capital del tambo fueron US\$ 60, US\$ 30, US\$ 58, US\$ 105 y US\$ 457/ha

por año, respectivamente, para todos los escenarios. La superficie del tambo, se consideró arrendada a un costo equivalente a 1.200 kg de leche por hectárea por año, lo que representó US\$ 360/ ha por año a un precio de leche de US\$ 0,300/kg.

Resultado económico y rentabilidad. El resultado económico se calculó según lo propuesto por DairyNZ (2009): Resultado económico = ingresos - (gastos de alimentación + gastos de mano de obra + gastos del rodeo + gastos indirectos + arrendamiento de tierra). La rentabilidad se calculó como el resultado económico / inversión x 100. Se asumió una inversión de US\$ 1.126/vaca para todos los escenarios, considerando la infraestructura del tambo (callejones, sombras, aguadas agua, instalación de ordeño). La inversión en maquinaria agrícola se asumió en US\$ 713 / vaca. Se asumió un valor por vaca de US\$ 1.200 (capital hacienda).

Simulaciones determinísticas y estocásticas

Se realizaron simulaciones determinísticas manteniendo fijos los datos de entrada al modelo, produciendo un único resultado, mientras que las simulaciones estocásticas permitieron la variación en algunas variables clave, produciendo resultados múltiples, para poder realizar un análisis de riesgo. Se incorporó estocasticidad para las siguientes variables: i) precio de leche y precio de alimentos concentrados, para investigar el impacto de la variabilidad del mercado y ii) producción de pasturas y cultivos, para investigar el impacto de la variabilidad climática. Para realizar las simulaciones estocásticas, las variables mencionadas se aleatorizaron utilizando la media y la desviación estándar (SD) para cada una, con una función de probabilidad normal. Los valores de desviación estándar para el precio de leche y alimentos concentrados y para la producción de pasturas y cultivos, se obtuvieron de series históricas (10 años) de precios de alimentos de leche y concentrados, y de resultados de

experimentos de alfalfa y cultivos (CREA, datos no publicados). El precio promedio (\pm DE) de leche por kg para los escenarios DODAR y UOD fue de US\$ 0.300 (\pm 0.0525) y US\$ 0.315 (\pm 0.0550), respectivamente; el precio de los alimentos concentrados por kg de MS fue de US\$ 0.230 (\pm 0.0506) y la producción de pastura y cultivos fue de 12,100 (\pm 2,178) y 11,060 (\pm 2,310) kg de MS/ha por año, respectivamente para todos los sistemas. Se realizaron 1.000 simulaciones para cada uno de los cinco escenarios investigados.

RESULTADOS

Simulación determinística

Los resultados productivos y económicos de las simulaciones determinísticas para todos los escenarios evaluados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados productivos y económicos de simulaciones determinísticas en sistemas lecheros con vacas con dos ordeños diarios (DODAR) y un ordeño diario con disminución en la producción de leche por vaca de 30% (UOD30), 24% (UOD24), 19% (UOD19) y 10% (UOD10), respecto a DODAR.

	DODAR	UOD30	UOD24	UOD19	UOD10
Producción/vaca por año (kg)					
Leche	6.607	4.665	5.007	5.319	5.925
Grasa	256,8	191,9	206,2	219,3	245,0
Proteína	237,4	176,5	189,5	201,4	224,9
Sólidos totales	494	368	396	421	470
Producción/ha por año (kg)					
Leche	17.179	13.528	14.520	15.424	17.182
Grasa	667,6	556,6	598,1	636,0	710,4
Proteína	617,3	511,8	549,6	584,1	652,3
Sólidos totales	1.285	1.068	1.148	1.220	1.363
Consumo/vaca por año (kg de MS)					
Pastura	2.792	2.663	2.664	2.654	2.586
Silaje y heno	958	883	857	841	838

Concentrado	2 085	1 539	1 727	1 910	2 318
Total	5 835	5 084	5 248	5 405	5 741
Consumo/ha por año (kg de MS)					
Pastura	8.442	8.979	8.983	8.948	8.720
Concentrado	5.420	4.462	5.010	5.538	6.721
Silaje y heno	2.492	2.560	2.485	2.440	2.430
Total	16.354	16.002	16.477	16.926	17.871
Resultado económico/ha por año ¹ , (US\$)	684	161	303	424	598
Rentabilidad (%)	7,5	2,0	3,0	4,2	5,9

¹ Estimado con disminución de 15% del costo laboral en los escenarios de UOD respecto a DODAR. Resultado económico = ingresos - (gastos de alimentación + gastos de mano de obra + gastos del rodeo + gastos indirectos + arrendamiento de tierra)

Producción de leche y sólidos de leche. En los escenarios de UOD, la producción de leche/ha por año disminuyó 21%, 15% y 10% para UOD30, UOD24 y UOD19, respectivamente, en comparación con DODAR. El escenario UOD10, creado para representar un tambo en su cuarto y quinto año después de cambiar a UOD, produjo 17.182 kg/ha por año, similar al escenario DODAR. En el otro extremo, el escenario UOD30, creado para representar la disminución en producción promedio de leche por vaca observada en experimentos, produjo 15,7 kg/vaca por día, que representa 1.942 kg / vaca por año menos que el escenario DODAR. La mayor producción de sólidos por hectárea ocurrió en el escenario UOD10, con 1.363 kg de sólidos/ha por año.

Consumo de materia seca. El consumo de materia seca por vaca y por hectárea también se presenta en la Tabla 1. El escenario DODAR tuvo el mayor consumo de materia seca por vaca debido a los mayores requerimientos de energía para producir más leche por vaca en comparación con los escenarios con UOD. Sin embargo, el consumo de materia seca por ha fue mayor en UOD10 debido a la mayor carga animal. La eficiencia de utilización de la pastura (pastura consumida / pastura ofrecida x 100) fue 70.0%, 74.9%, 74.5%, 73.5% y 73.1% para DODAR, UOD30, UOD24, UOD19, UOD10, respectivamente.

Resultados económicos. El escenario DODAR obtuvo el mayor resultado económico y la mayor rentabilidad (US\$ 684/ha por año y 7,5%, respectivamente), cuando el costo de la mano de obra se redujo 15% en los escenarios de UOD. El resultado económico y la rentabilidad disminuyeron a medida que la producción de leche por vaca disminuyó en los escenarios de UOD. Todos los escenarios de UOD tuvieron resultado económico y rentabilidad positiva, siendo UOD10 el que tuvo los mejores resultados económicos entre los escenarios de UOD (13% menor resultado económico que DODAR). El resultado económico de UOD30 fue US\$ 161/ha por año y la rentabilidad 2%.

Sin embargo, cuando el costo de mano de obra se redujo aún más, 30% en los escenarios de UOD comparados con DODAR, el resultado económico fue US\$ 246, US\$ 394, US\$ 521 y US\$ 706 por ha/año en OAD30, OAD24, OAD19, OAD10, respectivamente. El resultado económico de los diferentes sistemas con UOD que se presentan en la Tabla 1, y las simulaciones estocásticas se calcularon con un costo de mano de obra reducido en 15%, para los escenarios de UOD, en comparación con DODAR.

Simulaciones estocásticas: Análisis de riesgo

La figura 1 muestra el rango de valores de resultados económicos esperados para cada escenario, dentro del rango de probabilidad del 80%, ya que se excluyeron los resultados superiores e inferiores del 10%. Los precios aleatorizados de leche, utilizando una función de probabilidad normal, resultaron en un rango de US\$ 0,145 a US\$ 0,448/kg de leche y US\$ 0,157 a \$0,480/kg de leche para los escenarios DODAR y UOD, respectivamente. De acuerdo con las simulaciones estocásticas, todos los escenarios mostraron una dispersión relativamente similar de los resultados debido a la variabilidad del mercado y el clima, que se muestra de acuerdo a la longitud de la barra, que representa la posible gama de resultados

esperados (Figura 1). En el 80% de los años analizados, el resultado económico por ha por año se ubicaría entre US\$-512 y US\$ 1.718, US\$-811 y US\$ 1.201, US\$ -718 y US\$1.224, US\$ -640 y US\$1.528, \$-600 y US\$ 1.740 para TADAR, OAD30, OAD24, OAD19, OAD10, respectivamente. La probabilidad de obtener un resultado económico negativo cada 10 años sería aproximadamente: 20% para DODAR, 40% para UOD30 y UOD24 y 30% para UOD19 y UOD10 (Figura 2).

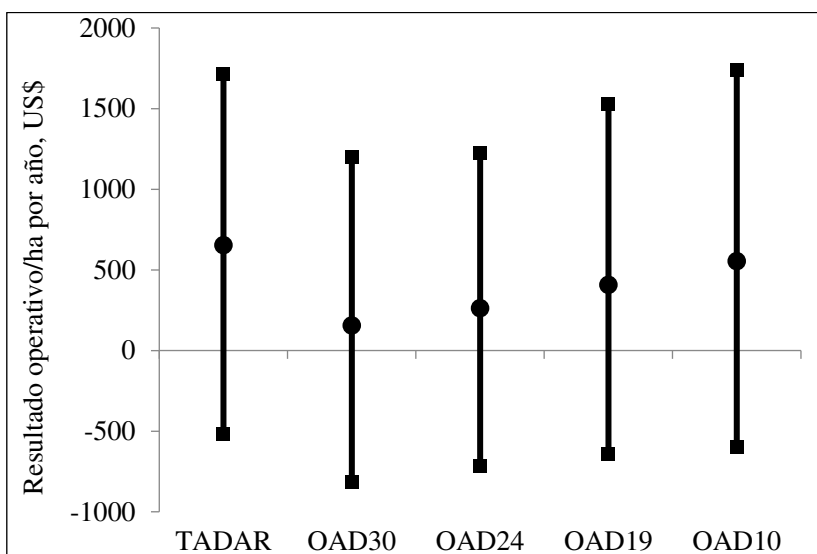


Figura 1. Resultado económico pronosticado, para cada escenario investigado, frente a variaciones de mercado (precio aleatorio de leche y alimento concentrado) y variaciones climáticas (producción aleatoria de pastura y cultivos) en 1.000 simulaciones. Los escenarios representan sistemas con dos ordeños diarios (DODAR), y un ordeño diario con 30%(UOD30), 24% (UOD24), 19% (UOD19) y 10% (UOD10) de disminución en producción de leche por vaca comparado con el escenario TADAR. El círculo en el medio de la barra indica el resultado operativo promedio y la longitud de la barra indica el rango en el que se observan los resultados económicos en 1.000 simulaciones.

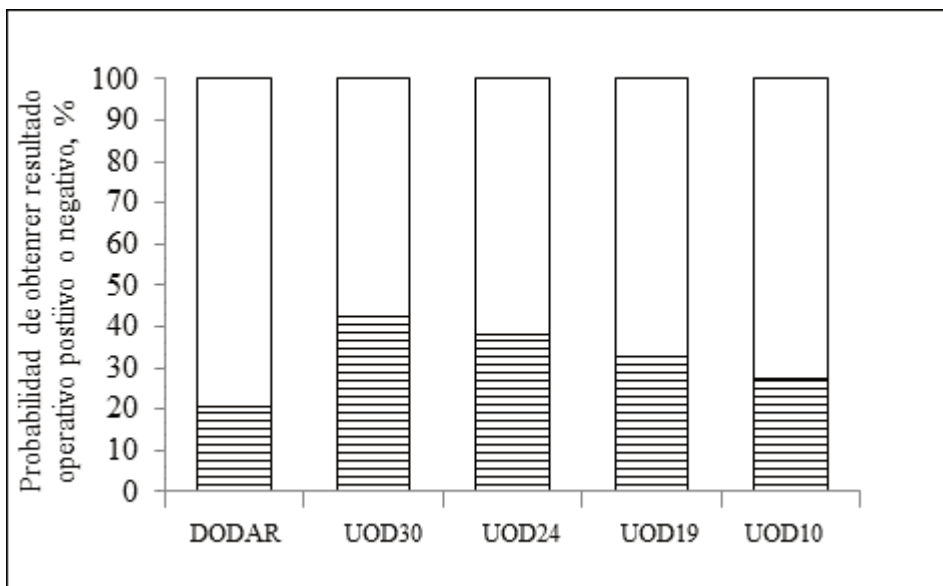


Figura 2. Probabilidad de obtener resultado económico positivo (barras blancas) o negativo (barras con líneas) para los escenarios investigados, frente a variaciones de mercado (precio aleatorio de leche y alimento concentrado) y variaciones climáticas (producción aleatoria de pastura y cultivos) en 1.000 simulaciones. Los escenarios representan sistemas con dos ordeños diarios (DODAR), y un ordeño diario con 30% (UOD30), 24% (UOD24), 19% (UOD19) and 10% (UOD10) de disminución en producción de leche por vaca comparado con el escenario TADAR.

En la Figura 3 se muestra la probabilidad acumulada del resultado operativo para los escenarios evaluados. Se observa que la curva del escenario DODAR se ubica a la derecha del resto de los escenarios con UOD para los distintos niveles de probabilidad acumulada. Esto significa que para cualquier posible combinación de las variables que se comportan como aleatorias, precio de la leche, del concentrado y variabilidad climática, el sistema DODAR fue capaz de alcanzar mayores resultados operativos que los demás escenarios, del mismo modo que se muestra en la Figura 2. Por lo que este escenario sería menos riesgoso frente a las variables analizadas.

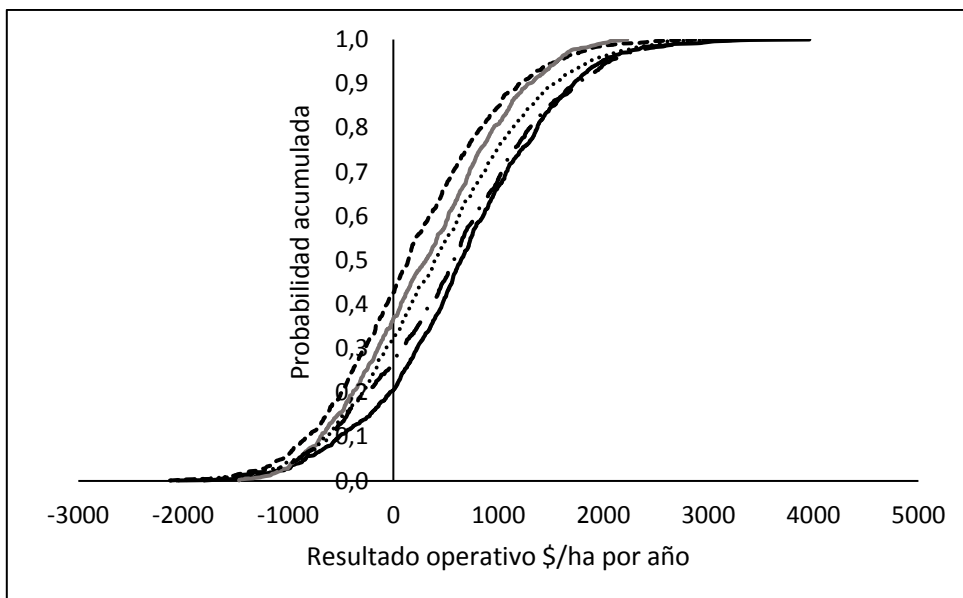


Figura 3. Distribución acumulada de probabilidad del resultado operativo (US\$/ha por año) para los escenarios DODAR (—), UOD30(---), UOD24(— · —), UOD19(····) y UOD10 (— · ·), frente a variaciones de mercado (precio aleatorio de leche y alimento concentrado) y variaciones climáticas (producción aleatoria de pastura y cultivos) en 1.000 simulaciones.

DISCUSION

Simulaciones determinísticas. Resultados productivos

Estudios experimentales llevados a cabo con vacas ordeñadas una vez al día durante toda la lactancia mostraron, en promedio, 30% de disminución en la producción de la leche por vaca en comparación con vacas ordeñadas dos veces al día (Holmes *et al.*, 1992; Cooper, 2000; Remond *et al.*, 2004; Clark *et al.*, 2006, O'Brien *et al.*, 2007). Esta elevada disminución del volumen de leche por vaca, y que fue representada en nuestro estudio por el escenario OAD30, representa probablemente el principal impedimento para los productores que están considerando un cambio en la frecuencia de ordeño. Sin embargo, en los experimentos de UOD antes mencionados, debido a la naturaleza experimental de los mismos, las vacas que no se adaptan a la frecuencia de UOD (es decir, producen poco volumen de leche) no fueron

descartadas. Contrariamente, esto no ocurre en los tambos comerciales. Según lo reportado por Holmes (2011), los tambos comerciales que cambian de DOD a UOD logran menor reducción de la producción de leche por vaca que en los experimentos, debido a la posibilidad de rechazar del rodeo las vacas que no resultan adecuadas. Durante los primeros años en los que se utiliza UOD, se espera una mayor disminución de la producción de leche por vaca, en comparación con los años subsiguientes (DairyNZ, 2016). Los productores que consideran esta alternativa deben ser conscientes de ello para hacer frente a menores ingresos debido a una menor venta de leche y una posible mayor tasa de reposición durante los primeros años bajo UOD. Las vacas, tradicionalmente, se han seleccionado en sistemas en los que son ordeñadas dos veces al día, por lo que un cambio en la frecuencia de ordeño hace que algunas vacas no se adapten (por secado temprano, baja producción de leche, problemas de ubre) y deban ser reemplazadas (Holmes, 2011). Esto también significa que solo aquellos productores que sean capaces de generar suficiente cantidad de hembras adicionales para reposición, podrían afrontar exitosamente un cambio en la frecuencia de ordeño de sus vacas. Lograr una disminución en la producción de leche por vaca de sólo 10%, como se propone en el escenario UOD10, sería posible sólo después de varios años ordeñando una vez al día, y posiblemente con mayores tasas de descarte.

El escenario OAD10, con 10% de disminución en la producción de leche por vaca y un aumento de 10% en la carga animal tuvo una productividad (lt leche/ha por año) similar a DODAR. El aumento de la carga animal es una estrategia utilizada para compensar la reducción en la producción de leche por vaca en tambos con UOD (Clark *et al.*, 2006). Un experimento realizado en Nueva Zelanda (Clark *et al.*, 2006) demostró que la producción de leche por ha sólo se redujo 13% en comparación con los rodeos con DOD, a pesar de que la producción por vaca disminuyó 27%, cuando la carga animal aumentó 17% en los rodeos de

UOD. En nuestro estudio, la carga animal fue 10% mayor para los escenarios con UOD. Mayor carga animal, que la propuesta en nuestro estudio, habría implicado mayor cantidad de alimento en el sistema para mantener estable la producción de leche por vaca. A su vez, una carga animal de más de 3 vacas/ha podría tener un impacto negativo en el medio ambiente en sistemas pastoriles (Basset-Mens *et al.*, 2009).

El aumento de carga animal en los escenarios de UOD, en este trabajo, también incrementó la utilización de pasturas, en comparación con el escenario DODAR, lo que es esperable en sistemas pastoriles (Macdonald *et al.*, 2008). En el presente estudio, las vacas en el escenario UOD10 mostraron mayor consumo de suplementos y menor consumo de pasturas que las vacas en DODAR. Esto se debió a una menor cantidad de pastura disponible por vaca en UOD10, ya que la carga animal fue 10% más elevada.

Existe limitada información sobre lo que puede ocurrir cuando las vacas son alimentadas con pastura combinada con grandes cantidades de suplementos, bajo UOD, como se ha propuesto en este trabajo. En nuestro estudio, el escenario OAD19 produjo similares producciones de leche por vaca que el ensayo reportado por Remond *et al.* (2004). Nuestro estudio exploró escenarios bajo UOD con moderados a elevados niveles de suplementación, ya que se utilizaron grandes cantidades de concentrados para los escenarios con UOD (1,8 toneladas de MS de concentrado/vaca por año, promedio para todos los escenarios de UOD).

Simulaciones determinísticas. Resultados económicos con reducción de 15% en el costo laboral

Todos los escenarios simulados en este estudio tuvieron resultados económicos positivos en las simulaciones determinísticas. El resultado económico para los escenarios con UOD fue menor que para DODAR. El escenario UOD30 tuvo 76% menor resultado económico que

DODAR, lo que significa que, si la producción de leche por vaca se reduce 30%, como se observó en ensayos experimentales de lactancia completa, UOD no sería una alternativa económicamente atractiva para los productores. La rentabilidad de los sistemas con UOD también se ha reportado para sistemas lecheros de Nueva Zelanda y Australia (Anderle and Dalley, 2007; Armstrong and Ho, 2009; DairyNZ, 2016). En estos estudios, los resultados económicos mostraron que el resultado operativo del tambo y la rentabilidad fueron positivos, pero 24% y 14% inferior, respectivamente, en comparación con tambos con DOD (DairyNZ, 2016). Debido a la reducción esperada en el resultado económico en sistemas con UOD, esta alternativa sería recomendable sólo para tambos que sean eficientes ordeñando dos veces al día y logren alta rentabilidad, dado que esto les permitiría una reducción en sus ingresos económicos para obtener mejores condiciones laborales.

Simulaciones determinísticas. Resultados económicos con reducción de 30% en el costo laboral

Si se logra reducir el costo de la mano de obra en los sistemas con UOD, más allá del 15%, se podría compensar la disminución de las ganancias en estos escenarios. En este trabajo también se calculó el resultado económico del tambo en escenarios de UOD, con una reducción de 30% en el costo de mano de obra, según lo propuesto por Anderle and Dalley (2007). En este caso, sólo el escenario UOD10 tendría mayor resultado económico que DODAR (US\$ 706/ha y US\$ 684/ha por año, respectivamente). Todos los demás escenarios con UOD aumentarían el resultado económico, pero no lo suficiente para compensar la reducción en producción de leche. Por lo tanto, disminuir la producción de leche por vaca 10% y reducir el costo de la mano de obra 30%, sería una alternativa para que los sistemas

con UOD sean tan rentables como los sistemas con DOD, según los supuestos asumidos en este trabajo.

Simulaciones estocásticas: análisis de riesgo

En este trabajo se incluyó estocasticidad en el precio de la leche y los concentrados y en el rendimiento de los cultivos y pasturas, para realizar un análisis de riesgo en los cinco escenarios. Ambos efectos, relacionados al clima y a la variación del mercado, se investigaron simultáneamente, como podría ocurrir en escenarios reales. No existen estudios previos que comparen el riesgo de sistemas con UOD y DOD. Nuestros resultados mostraron que la exposición al riesgo sería mayor en todos los escenarios con UOD en comparación con TADAR, ya que la cantidad de años con resultados económicos negativos sería mayor en todos los escenarios con UOD (Figura 2).

Limitaciones de los supuestos asumidos en este trabajo

En este estudio de simulación, todos los gastos por vaca se consideraron iguales para los escenarios de DOD y UOD, a excepción de la mano de obra y la electricidad, en los que se asumió menor gasto de mano de obra para UOD; y el gasto de electricidad estuvo en función de la producción de leche. Sin embargo, existen otros gastos que generalmente disminuyen al ordeñar una vez al día, como la salud animal y los gastos relacionados al ordeño (Anderle and Dalley 2007), pero no fueron considerados en este trabajo. Tampoco se asumió menor gasto en tratamiento de efluentes por vaca considerando que las vacas permanecen menos tiempo en las instalaciones de ordeño.

Se asumió mayor precio de la leche para los escenarios con UOD ya que el contenido de sólidos se incrementó para estos sistemas; sin embargo, una posible disminución en el precio

de la leche debido a un posible incremento en el RCS no se tuvo en cuenta. La mayoría de los experimentos que evalúan UOD se han llevado a cabo con vacas con un bajo RCS (<200.000/ml). Sin embargo, si el RCS es elevado en los sistemas con DOD y se incrementa con UOD por encima de los límites establecidos por la industria, es posible que el precio de la leche disminuya. Otra limitante de este estudio es que las simulaciones fueron realizadas sobre escenarios ya estabilizados, en los que no se consideró la transición de DOD a UOD. Esta etapa de transición podría estar asociada a un mayor riesgo y mayores gastos dado que se espera que algunas vacas no se adapten al sistema (Holmes, 2011) por lo tanto habría un mayor descarte y mayor gasto en reposición de animales.

En general, los trabajos publicados coinciden que la condición corporal de vacas con UOD mejora respecto a vacas con DOD (Holmes *et al.*, 1992; Remond *et al.*, 2004). Esta mejora podría reducir gastos veterinarios relacionados a enfermedades metabólicas y además reducir la cantidad de vacas vacías, mejorando así el desempeño reproductivo en vacas con UOD. Los resultados de los experimentos (Remond, *et al.*, 2004; Clark *et al.*, 2006; Patton *et al.*, 2006) y tambos comerciales (DairyNZ, 2016) demostraron que algunos parámetros reproductivos mejoran cuando las vacas se ordeñan una vez al día. Una mejora en el desempeño reproductivo en tambos con UOD reduciría el descarte por fallas reproductivas. Esto representaría otra ventaja para los sistemas con UOD que no fue tomada en cuenta en nuestro estudio.

Los principales beneficios de los sistemas con UOD están relacionados con la mejora de las condiciones de trabajo. La rotación de empleados genera costos para el empleador, incluido la búsqueda, selección y capacitación de un nuevo empleado y también pérdidas en productividad (Billikopf and González, 2012). Un ordeño diario podría ayudar a retener

personal calificado en el tambo y también reducir la tasa de rotación. En nuestro estudio de simulación, ninguna de estas ventajas se incluyó o valoró en términos económicos.

CONCLUSIONES

La producción de leche/ha por año fue similar en UOD10 (escenario con reducción de 10% de la producción) comparado con DODAR debido a una mayor carga animal en el primero. Para todos los demás escenarios con UOD, la producción de leche por ha fue menor que en DODAR. El resultado económico para los escenarios con UOD fue inferior, pero positivo, comparado con DODAR. El presente estudio sugiere que el riesgo sería mayor para los sistemas con UOD. La disminución de 15% del costo de la mano de obra en los escenarios de UOD, no sería suficiente para compensar la reducción ocasionada por la menor venta de leche en estos sistemas. Una mayor reducción en el costo de la mano de obra contribuiría a obtener mejores resultados económicos. Los resultados del presente estudio sugieren que, bajo los supuestos utilizados, ordeñar una vez al día podría ser una alternativa atractiva para los productores, siempre que la disminución en la producción de leche por vaca se mantenga al mínimo y se reduzca considerablemente el costo de la mano de obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderle, R. and Dalley, D. (2007). Can You Make Money Milking Once a Day (OAD)? Proceedings of the Once-A-Day Milking Conference, 16-17 April 2007, Hamilton, New Zealand, pp. 34-38.
- Armstrong, D. P. and Ho, C. (2009). Economic impact of switching to once-a-day milking on a dairy farm in northern Victoria. *AFBM Journal* 6, 55-62.
- Basset-Mens, C.; Ledgard, S. and Boyes, M. (2009). Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. *Ecological Economics* 68, 1615-1625.
- Baudracco, J.; Lopez-Villalobos, N.; Romero, L.A.; Scandolo, D.; Maciel, M.; Comeron, E.A., Holmes, C.W. and Barry, T.N. (2011). Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbreed Holstein-Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. *Animal Feed Science and Technology* 168, 131-143.
- Baudracco, J.; Lopez-Villalobos, N.; Holmes, C.W.; Comeron, E.A.; MacDonald, K.A. and Barry, T.N. (2013). E-Dairy: A dynamic and stochastic whole-farm model that predicts biophysical and economic performance of grazing dairy systems. *Animal* 7, 870-878.
- Bewsell, D.; Clark, D.A. and Dalley, D.E. (2008). Understanding motivations to adopt once-a-day milking amongst New Zealand dairy farmers. *Journal of Agricultural Education and Extension* 14, 69-80.
- Billikopf, G. and González, G. (2012). Turnover rates are decreasing in California dairies. *California Agriculture* 66, 153-157.
- Bryant, J.; Lopez-Villalobos, N.; Holmes, C.W. and Pryce, J. (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.
- Clark, D.A.; Phyn, C.V.C.; Tong, M.J.; Collis, S.J. and Dalley, D.E. (2006). A systems comparison of once versus twice daily milking of pastured dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 1854-1862.
- Cooper, C. (2000). Once-a-day milking: Possible and profitable?. Proceedings of South Island Dairy Event (SIDE): Healthy, Wealthy and Wise, 5-7 July 2000, Invercargill, New Zealand, pp. 152-163.
- DairyNZ (2009). Dairy operating profit. https://www.dairynz.co.nz/media/5411820/9-3_Dairy_Operating_Profit_Oct_2016.pdf. Acceso Octubre 2016.
- DairyNZ (2016). Full season once-a-day milking. <https://www.dairynz.co.nz/animal/herd-management/once-a-day-milking/full-season-once-a-day-oad-milking/>. Acceso Septiembre 2016.
- Holmes, C.W.; Wilson, G.F.; Mackenzie, D.D.S. and Purchas, J. (1992). The effects of milking once daily throughout lactation on the performance of dairy cows grazing on pasture. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 52, 13-16.
- Holmes, C.W. (2011). OAD milking with OAD cows: the future for NZ's low-cost grazing systems. Proceedings of the South Island Dairy Event (SIDE): Healthy, Wealthy and Wise, 5-7 July 2000, Invercargill, New Zealand, pp. 1-15.
- Lazzarini, B.; Baudracco, J.; Tuñon, G.; Gastaldi, L.; Lyons, N.; Quattrochi, H. and Lopez-Villalobos, N. (2019). Review: Milk production from dairy cows in Argentina: Current state and perspectives for the future. *Applied Animal Science* 35, 426-432.

- LIC Livestock Improvement Corporation (2017). New Zealand dairy statistics 2015-2016. <http://www.lic.co.nz/user/file/DAIRY%20STATISTICS%202015-16-WEB.pdf>. Acceso Agosto 2017.
- MacDonald K.A.; Penno, J.W.; Lancaster, J.A.S. and Roche, J.R. (2008). Effect of stocking rate on pasture production, milk production, and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *Journal of Dairy Science* 91, 2151-2163.
- O'Brien, B.; Gleeson, D.; Boyle, L. and Mee, J. (2007). Reduced milking frequency creates opportunity for automatic milking systems. *Proceedings of the International symposium on advances in milking*, 11 April 2007, Radisson, Cork, Irlanda, pp. 106-114.
- Patton, J.; Kenny, D.A.; Mee, J.F.; O'Mara, F.P.; Wathes, D.C.; Cook, M. and Murphy, J.J. (2006). Effect of milking frequency and diet on milk production, energy balance, and reproduction in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 1478-1487.
- Poulter, C. and Sayers, J. (2015). Retention of skilled migrants in the New Zealand dairy industry. *New Zealand Journal Employment Relations* 40, 1-23.
- Rémond, B.; Pomiès, D.; Dupont, D. and Chilliard, Y. (2004). Once-a-day milking of multiparous Holstein cows throughout the entire lactation: milk yield and composition, and nutritional status. *Animal Research* 53, 201-212.
- Stelwagen, K.; Phyn, C.V.C.; Davis, S.R.; Guinard-Flament, J.; Pomiès, D.; Roche, J.R. and Kay, J.K. (2013). Invited review: Reduced milking frequency: Milk production and management implications. *Journal of Dairy Science* 96, 3401-3413.
- Tipples, R. (2007). Social impacts of OAD Milking. *Proceedings of the Once-A-Day Milking Conference*, 16-17 April 2007, Hamilton, New Zealand, pp. 23-27.

Capítulo 5

Un ordeño diario con vacas suplementadas en
Argentina. Comunicación.

La versión en inglés de este capítulo fue publicada en 2017 en Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production 77, 61-63.

Lazarini, B., Peluffo, L; Lopez-Villalobos,N.; Hendrikse, L. and Baudracco,J.
<http://www.nzsap.org/system/files/proceedings/10%20%20Lazarini.pdf>

INTRODUCCION

Argentina produce aproximadamente 10.500 millones de litros por año (Ministerio de Agroindustria, 2015), siendo la lechería una actividad económica muy importante del país. La producción de leche se basa en la utilización de pasturas de alfalfa en pastoreo (*Medicago sativa L*) y el uso de suplementos como silaje, heno y alimentos concentrados. La pastura comprende entre el 30% y el 50% de la dieta. La producción promedio de leche por vaca es 5.900 kg / vaca por año (equivalente a 401 kg de sólidos/vaca por año; INTA, 2015). Debido a una relación favorable entre el precio de la leche y el precio de los alimentos concentrados (relación promedio precio de leche: precio de balaceado alrededor de 1,5), los productores lecheros en Argentina incluyen grandes cantidades de alimentos concentrados en sus sistemas. Más del 95% de los rodeos lecheros de Argentina son de raza Holstein, y las vacas se ordeñan mayormente dos veces al día (FAO, 2011).

En la última década, se han realizado estudios, principalmente en Nueva Zelanda, pero también en Europa, para evaluar los efectos de ordeñar una vez al día durante toda la lactancia (Stelwagen *et al.*, 2013). Los beneficios en la mejora del estilo de vida para los productores y para las personas que trabajan en el tambo, son las principales motivaciones para elegir este sistema de un ordeño diario (UOD) (Bewsell *et al.*, 2008).

La mayoría de los resultados encontrados sobre UOD, tanto de ensayos experimentales (Clark *et al.* 2006, Holmes *et al.* 1992, O'Brien *et al.* 2007) como de tambos comerciales (Lembeye *et al.*, 2016) se han realizado en sistemas pastoriles con baja suplementación. En Argentina, existen menos de 5 tambos que ordeñan una vez al día durante toda la lactancia, y no existe información publicada sobre la producción de leche de estos tambos. Dada la falta de información generada en sistemas lecheros reales pastoriles, con suplementación, sobre el desempeño productivo de vacas con UOD, es necesario investigar este aspecto para poner la

información a disposición de productores que están evaluando la alternativa de ordeñar una vez al día. Por esto, el objetivo del presente estudio fue reportar la producción de vacas lecheras alimentadas con pasturas de alfalfa y suplementadas con silaje y alimentos concentrados, ordeñadas una vez al día por primera vez durante toda la lactancia, en Argentina.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo en la región central de Argentina, en la provincia de Buenos Aires. Las vacas comenzaron a ser ordeñadas una vez al día inmediatamente después del parto, fueron alimentadas con una dieta compuesta por alfalfa (45%), silaje (13%) y alimentos concentrados (42%). Las vacas tuvieron partos estacionados en los meses de Enero a Marzo (verano). El peso vivo promedio al final de la lactancia fue de aproximadamente 450 kg por vaca. La carga animal promedio del tambo fue 2,4 vacas/ha.

Se obtuvieron 2.187 registros de controles lecheros mensuales de 282 vacas (cruza HF x J), que fueron recolectados entre los meses de Febrero y Octubre de 2016. Los registros se utilizaron para predecir la producción total de leche (PL), grasa (PG) y proteína (PP), producción total de sólidos (PS) y score de células somáticas (SCS; calculado como = \log_2 recuento de células somáticas) para vacas en primera (n = 104), segunda (n = 85) o tercera lactancia en adelante (n = 93), utilizando un polinomio de tercer orden (Kirpatrick *et al.*, 1990).

Se usó un modelo mixto en SAS (SAS, 2003) para estimar los valores promedios y la desviación estándar para PL, PG, PP, PS y SCS durante la lactancia. El modelo incluyó los efectos fijos del número de lactancia y del mes de parto.

RESULTADOS Y DISCUSION

El promedio y la desviación estándar para PL, PG, PP y PS acumulados por vaca, en 305 días de lactancia, fueron $4.175,7 \pm 698,2$ kg, $166,2 \pm 24,8$ kg, $167,7 \pm 24,3$ kg y $333,3 \pm 46,4$ kg, respectivamente. El promedio de SCS fue de $7,4 \pm 2,1$ (RCS promedio de 401.000/ml). En la Tabla 1 se presentan la PL, PG, PP y PS acumuladas y el SCS promedio para cada grupo de lactancia. Las diferencias entre los meses de parto no fueron significativas ($p > 0,05$).

Tabla 1. Producción acumulada de leche (PL), grasa (PG), proteína (PP) y sólidos (PS); y score de células somáticas (SCS) de vacas cruza (Holstein Friesian x Jersey) en 305 días de lactancia ordeñadas una vez al día en Argentina. Valores promedio \pm desviación estándar.

	Primera lactancia	Segunda lactancia	Tercera lactancia o mas
PL (kg/vaca)	$3.780 \pm 71,6^a$	$4.222 \pm 74,0^b$	$4.616 \pm 69,9^c$
PG (kg/vaca)	$155 \pm 2,6^a$	$168 \pm 2,7^b$	$179 \pm 2,6^c$
PP (kg/vaca)	$155 \pm 2,5^a$	$169 \pm 2,6^b$	$182 \pm 2,5^c$
PS (kg/vaca)	$310 \pm 4,9^a$	$337 \pm 5,0^b$	$360 \pm 4,8^c$
SCS	$7 \pm 0,2$	$8 \pm 0,2$	$8 \pm 0,2$

^{a, b, c} Valores con diferente letra en la misma fila difieren significativamente ($p < 0,05$)

El promedio de PL para vacas con UOD en el presente estudio fue 29% más bajo que el promedio nacional de producción de leche para vacas argentinas ordeñadas dos veces al día, Sin embargo, las vacas del presente estudio son vacas cruza HFXJ, y es esperable que la producción de leche resulte inferior comparada con vacas Holando Argentino, raza predominante en los sistemas lecheros de Argentina. En comparación con los estudios realizados en Nueva Zelanda, con un biotipo animal similar (Lembeye *et al.*, 2016), las vacas en el presente estudio, produjeron 28% y 17% más leche y sólidos, respectivamente,

posiblemente debido a la alta suplementación utilizada en este tambo. Sin embargo, la PG para estas vacas fue similar al de vacas cruza (HFxJ) de Nueva Zelanda con UOD (Lembeye *et al.*, 2016). La elevada cantidad de carbohidratos no estructurales suministrada, debido a que el 42% del total de MS ofrecida fue alimento concentrado, podría explicar la baja producción de grasa observada en nuestro estudio (Plaizier *et al.*, 2008). Las pariciones estacionadas no son comunes en los rodeos lecheros de Argentina, sino que la distribución de partos es continua a lo largo del año (Lazzarini *et al.*, 2019). En aquellos sistemas donde se opta por un sistema de partos estacionados o en bloques, la estrategia de concentrar pariciones se orienta a ubicar los mayores requerimientos de los animales en los meses con menores temperaturas (Baudracco *et al.*, 2016), contrario a lo se realizó en el tambo de este estudio de caso. La estrategia de evitar pariciones en los meses de verano mejoraría el consumo animal y consecuentemente la producción de leche (Piccardi *et al.*, 2011). En la temporada en la que se registraron los datos, hubo pérdidas de pasturas y de producción de MS de las mismas, debido a lluvias excesivas; y como consecuencia, la cantidad de suplementos utilizada fue mayor a la planificada. Esta mayor cantidad de suplementos suministrados puede haber tenido un impacto económico negativo en el sistema, debido al mayor costo de los suplementos respecto a las pasturas.

La producción de leche en el presente estudio fue 18% más elevada para las vacas de más de tres lactancias en comparación con vacas primíparas. Lembeye *et al.*, (2016) informó una producción de leche 32% mayor para vacas múltíparas en comparación con vacas primíparas con UOD en tambos comerciales de Nueva Zelanda. En el presente estudio, la diferencia en PL entre primíparas y múltíparas fue menor que la reportada para vacas de Nueva Zelanda. El RCS promedio del rodeo evaluado fue ~ 17% menor comparado con el promedio de Argentina (486.000/ml) en el mismo período de análisis, pero mayor que en los tambos

comerciales de Nueva Zelanda con UOD. El cambio de DOD a UOD en un rodeo con RCS relativamente elevado en lactancias previas, sumado al exceso hídrico y barro en el período analizado puede haber sido responsable del alto SCS observado en este estudio.

Los datos reportados en este trabajo corresponden a vacas ordeñadas una vez al día durante toda la lactancia por primera vez en la vida de las vacas. Se esperaría que, en años posteriores con UOD, la PL y PS por vaca se incremente y el SCS disminuya. DairyNZ (2016), utilizando datos de tambos comerciales que ordeñan una vez al día reportó que el volumen de leche de vacas con UOD mejora luego de cuatro a cinco años ordeñando con esta frecuencia. Esta respuesta puede ser una consecuencia de rechazar vacas que no se adaptan al sistema de UOD, según lo propuesto por Holmes (2011).

CONCLUSIONES

La producción de leche por vaca en el presente estudio fue 28% más elevada que la obtenida en Nueva Zelanda en UOD, con vacas de raza similar, pero 29% inferior a la producción promedio de Argentina. El score de células somáticas fue menor que el valor promedio de los tambos argentinos. Los desafíos, a futuro, para que un tambo similar al presentado en este trabajo logre éxito ordeñando una vez al día, serían disminuir la cantidad de suplementos utilizados, seleccionar vacas adecuadas para UOD y poner en práctica todas las alternativas de manejo necesarias para disminuir el RCS. Se requiere más investigación para evaluar los resultados productivos y económicos de sistemas con UOD en Argentina.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la recopilación de datos de Lucía y Gastón de Grupo LP.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Baudracco, J.; Lazzarini, B.; Giorgis, R.; Lovino, D. y Demarchi, E. (2016). Bases para una producción de leche simple y rentable en Argentina. XLIV Jornadas uruguayas de Buiatria. 9 y 10 de Junio. Paysandú. pp. 18-26.
- Bewsell, D.; Clark, D.A. and Dalley, D.E. (2008). Understanding motivations to adopt once-a-day milking amongst New Zealand dairy farmers. *Journal of Agricultural Education and Extension* 14, 69-80.
- Kirkpatrick, M.; Lofsvold, D. and Bulmer, M. (1990). Analysis of inheritance, selection, and evolution of growth trajectories. *Genetics* 124, 979-993.
- Clark, D.A.; Phyn, C.V.C.; Tong, M.J.; Collis, S.J. and Dalley, D.E. (2006). A systems comparison of once versus twice daily milking of pastured dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 1854–1862.
- DairyNZ (2016). <http://www.dairynz.co.nz/animal/herd-management/once-a-day-milking/full-season-once-a-day-oad-milking/>. Acceso Septiembre 2016.
- FAO (2011). Dairy development in Argentina, by Cappellini, R.O. <http://www.fao.org/3/a-al744e.pdf>. Acceso Diciembre 2016.
- Holmes, C.W.; Wilson, G.F.; Mackenzie, D.D.S. and Purchas, J. (1992). The effects of milking once daily throughout lactation on the performance of dairy cows grazing on pasture. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 52, 13–16.
- Holmes, C.W. (2011). OAD milking with OAD cows: the future for NZ's low-cost grazing systems. *Proceedings of the South Island Dairy Event (SIDE): Healthy, Wealthy and Wise, 5-7 July 2000, Invercargill, New Zealand*, pp. 1–15.
- INTA (2015). Lechería pampeana. Resultados productivos ejercicio 2014-2015. [http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_encuesta_sectorial_lechera_2014_2015._descriptiva.pdf+_&"\)](http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_encuesta_sectorial_lechera_2014_2015._descriptiva.pdf+_&). Acceso Noviembre 2016.
- Lembeye, F.; Lopez-Villalobos, N.; Burke, J. L. and Davis, S. R. (2016). Milk production of Holstein-Friesian, Jersey and crossbred cows milked once-a-day or twice-a-day in New Zealand, *New Zealand Journal of Agricultural Research* 59, 50-64.
- Ministerio de Agroindustria (2015). http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_01_primaria/index.php. Acceso Octubre 2016.
- O'Brien, B.; Gleeson, D.; Boyle, L. and Mee, J. (2007). Reduced milking frequency creates opportunity for automatic milking systems. *Proceedings of the International symposium on advances in milking, 11 April 2007, Radisson, Cork, Irlanda*, pp. 106-114.
- Piccardi, M.; Capitaine Funes, A.; Bó, G.A. y Balzarini, M. (2011). Impacto del nivel de producción, estación de parto y el tipo de servicio sobre la tasa de preñez acumulada a 100 días en vacas lecheras en la Argentina. *Agriscientia* 28, 127-135.
- Plaizier, J.C. (2008). Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. *Veterinary Journal* 176, 21-31.
- SAS Statistical Analysis System (2003). Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Stelwagen, K.; Phyn, C.V.C.; Davis, S.R.; Guinard-Flament, J.; Pomiès, D.; Roche, J.R. and Kay, J.K. (2013). Invited review: Reduced milking frequency: Milk production and management implications. *Journal of Dairy Science* 96, 3401–3413.

Capítulo 6

Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas lecheros con vacas ordeñadas una vez al día.

Una versión resumida y en inglés de este capítulo fue enviada y aceptada, en el mes de Agosto 2020, para publicar en el 43° Congreso de Producción Animal (AAPA) a realizarse de manera virtual en el mes de Septiembre 2020. Lazzarini, B.; Baudracco, J.; Lopez Villalobos, N.; Tieri, M.P

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en sistemas lecheros pastoriles con suplementación con vacas con uno (UOD) o dos ordeños diarios (DOD), para los sistemas investigados en el capítulo 4. Se calculó la emisión de GEI en cinco sistemas lecheros, uno de ellos con dos ordeños diarios (DODAR) y el resto con UOD. Los sistemas con UOD asumieron una reducción en la producción individual de leche respecto al sistema DODAR de 30% (UOD30), 24% (UOD24), 19% (UOD19) y 10% (UOD10), además tuvieron mayor carga animal. La emisión de GEI por tambo fue similar en todos los sistemas, con un promedio de 1.238 toneladas equivalente dióxido de carbono/año (t eqCO₂/año). Aproximadamente el 50% de las emisiones de GEI fueron ocasionadas por la fermentación entérica, característica de los rumiantes. La huella de carbono (HC), expresada en kg eqCO₂ por litro de leche corregida fue menor en el sistema DODAR (0,70), debido a la menor cantidad de animales en este sistema y a la mayor producción de leche por vaca. Existen pocos estudios que evalúen la emisión de GEI en vacas ordeñadas una vez al día. Bajo los supuestos adoptados en este trabajo los sistemas con UOD tuvieron mayor HC, comparados con sistemas con DOD. Sin embargo, la HC de los sistemas con UOD fue similar a la obtenida para el tambo promedio de Argentina. Futuras investigaciones son necesarias para confirmar los resultados obtenidos en este trabajo.

INTRODUCCION

La producción de leche en el mundo enfrenta un triple desafío para ser sustentable: necesita ser una actividad rentable, debe ser una actividad atractiva para que las nuevas generaciones puedan continuar con la actividad lechera y también una actividad que minimice el impacto ambiental. Existe un interés creciente por parte de los gobiernos, de los consumidores y de la industria sobre el impacto ambiental que genera la producción de leche (Thoma *et al.*, 2013).

La producción animal es una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), metano, dióxido de carbono y óxido nitroso; contribuyendo con aproximadamente 14,5% de las emisiones antropogénicas globales (Gerber *et al.*, 2013). La producción de leche es responsable de aproximadamente el 20% de las emisiones dentro del sector ganadero mundial (Gerber *et al.*, 2013). Los animales rumiantes emiten metano debido a la fermentación ruminal, y además óxido nitroso proveniente del manejo de las excretas (IPCC, 2006). Para cuantificar las emisiones de GEI, se utiliza la huella de carbono, que indica la cantidad de GEI emitido por unidad de producto o servicio (Rotz *et al.*, 2010).

Ordeñar una vez al día, en lugar de dos veces al día, contribuye a que la lechería sea una actividad más atractiva (Bewsell *et al.*, 2008) debido a los beneficios relacionados a la calidad de vida de las personas que trabajan en el tambo cuando se ordeña solo una vez al día. Estudios experimentales y de simulación en Nueva Zelanda, Europa y Argentina han demostrado que los sistemas lecheros con UOD son factibles de llevar adelante, aunque es esperable una reducción en la producción de leche por vaca (Stelwagen *et al.*, 2013). La información generada en tambos comerciales que ordeñan una vez al día también sugiere que los sistemas con un ordeño diario (UOD) pueden ser una alternativa rentable, aunque con

menor resultado económico que sistemas con dos ordeños diarios (DOD), esto último al menos en los primeros años después del cambio de DOD a UOD (Edwards, 2018).

Existe escasa información sobre el impacto ambiental de sistemas con UOD, y los estudios que existen se han desarrollado sobre sistemas pastoriles con bajo nivel de suplementación. Dos estudios realizados en Nueva Zelanda sugieren que los rodeos que se ordeñan una vez al día podrían tener un menor impacto ambiental comparados con rodeos que se ordeñan dos veces al día (Chobtang *et al.*, 2017; Correa Luna *et al.*, 2017).

Una forma de evaluar el impacto ambiental de los sistemas lecheros es a través del uso de indicadores ambientales que proveen una forma simple y económica para evaluar el impacto de un determinado sistema y de diferentes estrategias de manejo. El objetivo de este capítulo es estimar las emisiones de GEI en sistemas lecheros pastoriles, con vacas suplementadas y ordeñadas una vez al día.

MATERIALES Y METODOS

Sistemas lecheros evaluados

Para estimar la emisión de GEI de sistemas lecheros con vacas con UOD y DOD se utilizaron datos provenientes de un estudio realizado previamente, en el cual se comparó la performance productiva y económica de sistemas pastoriles con vacas en pastoreo y suplementación (Lazzarini *et al.*, 2018 -Capítulo 4). El estudio incluyó un sistema con dos ordeños diarios (DODAR) y cuatro sistemas con un ordeño diario. En estos últimos se asumió una disminución en producción individual de leche de 30% (UOD30), 24% (UOD24), 19% (UOD19) and 10% (UOD10) comparado con DODAR. Las principales características de estos sistemas se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Producción de leche, carga animal y consumo de materia seca en sistemas lecheros con dos ordeños diarios (DODAR) y un ordeño diario con reducción en la producción de leche por vaca de 30% (UOD30), 24% (UOD24), 19% (UOD19) o 10% (UOD10), comparada con DODAR (resultados obtenidos en el capítulo 4).

	DODAR	UOD30	UOD24	UOD19	UOD10
Carga animal, VT/ha	2,60	2,86	2,86	2,86	2,86
LCE ¹ L/ha/año	17.334	14.227	15.270	16.221	18.070
Consumo/vaca por año					
Pastura, kg MS	2.792	2.663	2.664	2.654	2.586
Silaje y heno, kg MS	958	883	857	841	838
Concentrado, kg MS	2.085	1.539	1.727	1.910	2.318
Consumo total, kg MS	5.835	5.084	5.248	5.405	5.741

¹ LCE, leche corregida por energía; $\text{Leche} \times (0,383 \times \text{GB}\% + 0,242 \times \text{P}\% + 0,7832) / 3,1138$

Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero

Para el cálculo de las emisiones de GEI se utilizó el software “Calculador de Carbono” de CREA®, versión 4 (CREA, 2017) que considera las directrices y los factores de emisión del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006). Los límites para el cálculo de las emisiones de GEI para producir leche usando dicho software incluyen desde las emisiones incurridas en la producción de todos los alimentos utilizados en el predio, tanto los producidos en el predio como los comprados, hasta las emisiones incurridas en la producción de leche, hasta la tranquera. También se incluye las emisiones provenientes de la producción de fertilizantes utilizados para la producción de forrajes en el campo.

En el cálculo se incluyeron las vacas en ordeño, vacas secas y la crianza de las terneras hembras hasta los 60 días de vida. Las emisiones de GEI se expresaron en kg CO₂eq por año y la huella de carbono (HC) en kg CO₂eq por litro de leche corregida por energía (LCE: $\text{leche} \times (0,383 \times \% \text{GB} + 0,242 \times \% \text{P} + 0,7832) / 3,1138$).

Supuestos utilizados

Alimentos propios y comprados. Se asumió que las pasturas y las reservas utilizadas para alimentación de las vacas se producen en el campo y que los concentrados son comprados fuera del establecimiento. Cada sistema de producción se simuló sobre una superficie de 100 ha, de las cuales 86 ha fueron destinadas a la producción de alfalfa y 14 ha a la producción de sorgo para silaje. Los detalles de rendimiento y la calidad de los alimentos se encuentran publicados en Lazzarini *et al.* (2018). La cantidad de fertilizante aplicada para cada cultivo fue de 70 kg/ha de fosfato di amónico (18-46-0) y 300 kg/ha de urea (46-0-0) para el sorgo y 200 kg/ha superfosfato simple (0-21-0) y 200 kg/ha de sulfato de calcio para el cultivo de alfalfa de primer año. El cultivo de alfalfa se fertilizó con la misma dosis de sulfato de calcio en el segundo y tercer año de vida de la pastura. Los cultivos fueron sembrados en siembra directa.

Manejo de los animales. Las vacas estuvieron en pastoreo durante todo el año. En el sistema DODAR se asumió que las vacas permanecieron 15 horas en pastoreo y 4 horas en la pista de alimentación consumiendo suplementos. En los sistemas con UOD las vacas permanecieron 16,5 horas en pastoreo y 4 horas en la pista de alimentación, respectivamente. La duración del ordeño se consideró 5 horas por día para el sistema DODAR y 3,5 horas por día para las vacas con UOD. La duración del ordeño en las vacas con UOD se asumió 25% mayor que con DOD debido a la mayor cantidad de leche acumulada y la mayor cantidad de vacas, debido a mayor carga animal en los sistemas con UOD. La tasa de mortalidad en terneros y la tasa de reemplazo (rechazo más muertes) de vacas se asumen igual que en Lazzarini *et al.* (2018) (capítulo 4), y fueron iguales para todos los sistemas.

Manejo de efluentes. Los purines generados durante el ordeño se derivan a una laguna anaeróbica y luego el efluente se distribuye en el campo.

Consumo de combustible y energía. Se asumió un consumo de 2.135 litros de gasoil por año para las labores de siembra, fertilización y pulverización de los cultivos, y un consumo de 5.110 lt de gasoil/año para el uso del mixer en cada sistema (Donato, 2017), igual para todos los sistemas. La cantidad de energía eléctrica para el ordeño se asumió 212 kw/vaca en ordeño por año.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 2 se observan las emisiones de GEI y la HC estimada para cada uno de los sistemas evaluados y agrupados según la fuente emisión.

Tabla 2. Emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y huella de carbono provenientes de sistemas lecheros pastoriles con vacas suplementadas y ordeñadas dos (DODAR) o una vez al día, asumiendo una disminución de 30% (UOD30), 24% (UOD24), 19% (UOD19) y 10% (UOD10) de producción de leche por vaca comparado con DODAR.

	DODAR	UOD30	UOD24	UOD19	UOD10
Emisión de GEI, t CO ₂ eq/año)					
Producción y compra de alimentos	139,6	118,5	130,6	142,2	168,3
Fermentación entérica	614,8	615,5	630,1	643,9	670,9
Orina y heces en pastura y manejo de purines	431,1	416,1	425,6	435,5	451,7
Energía y combustible	30,1	31,7	31,7	31,7	31,7
Total	1.215,6	1181,9	1218,0	1253,2	1322,5
Huella de carbono, kg CO ₂ eq/lt LCE ¹	0,70	0,83	0,80	0,77	0,73

¹ LCE, leche corregida por energía; Leche x (0,383 x GB% + 0,242 x P% + 0,7832)/3,1138

La emisión promedio de GEI de los sistemas fue 1.238 t CO₂eq/año (rango de 1.182 a 1.322).

La mayor proporción (más de 50%) de las emisiones totales en cada sistema correspondió a la fermentación entérica, característica de los rumiantes (Figura 1). Las emisiones provenientes de la orina y el estiércol, en conjunto con las emisiones derivadas del manejo

de los efluentes representaron aproximadamente el 35% de las emisiones totales. Mientras que la producción de alimento (propio y comprado) y la energía y combustible utilizado en el tambo, representaron 12% y 3% del total de las emisiones, respectivamente como promedio de todos los sistemas (Figura 1). Trabajos realizados para sistemas lecheros pastoriles de alta productividad también encontraron que la mayor proporción de las emisiones totales de GEI en un tambo corresponden a la fermentación entérica, siendo la segunda en importancia las emisiones provenientes de orina y heces y el tratamiento de purines en el tambo (Tieri *et al.*, 2014; Buadracco *et al.*, 2015). En este trabajo también se calcularon las emisiones de GEI para el sistema lechero promedio de Argentina utilizando los supuestos presentados por Lazzarini *et al.* (2019) (capítulo 2). La huella de carbono calculada para el sistema promedio de Argentina fue de 0,85 kg CO₂eq/ lt.

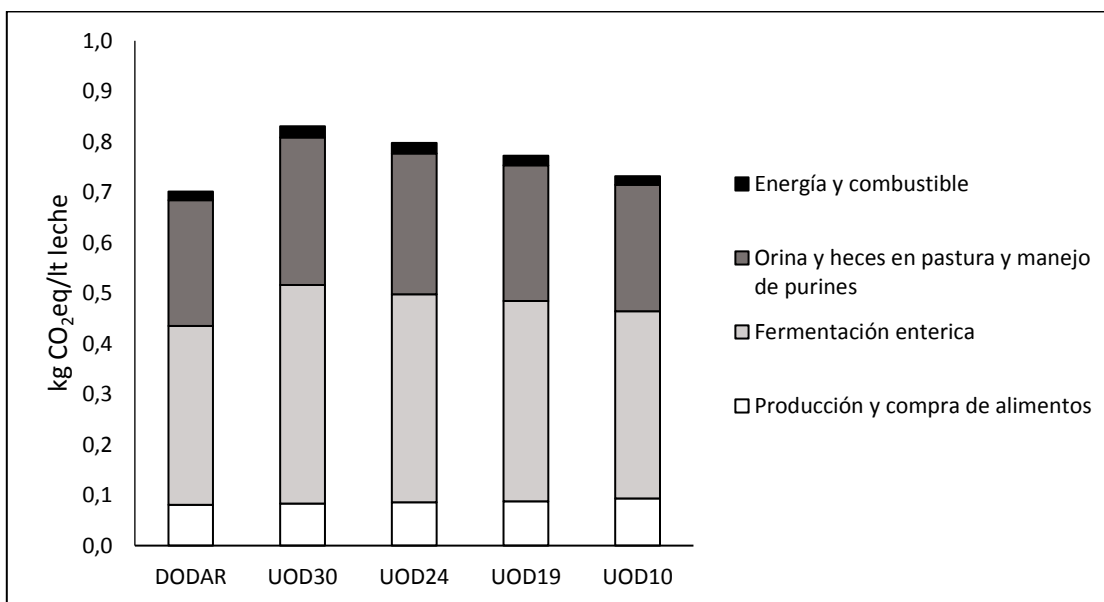


Figura 1. Huella de carbono de sistemas lecheros pastoriles con vacas suplementadas y ordeñadas dos (DODAR) o una vez al día, asumiendo una disminución de 30% (UOD30), 24% (UOD24), 19% (UOD19) y 10% (UOD10) de producción de leche por vaca comparado con DODAR.

La HC obtenida en este trabajo fue menor en el sistema DODAR (Tabla 2-Figura 1), debido a la mayor producción por vaca y a la menor carga animal comparada con los sistemas con UOD (Tabla 1). Cuando disminuye la producción individual de leche, como consecuencia de realizar UOD, es esperable que la HC se incremente (De Klein and Dynes, 2017). Resultados similares fueron reportados en sistemas lecheros intensificados en Argentina (Baudracco *et al.*, 2015), con valores de HC de 0,82 kg CO₂eq/ Lt LCE en sistemas con alta carga animal (más de 2,4 vacas/ha) y elevada productividad (más de 12.000 Lt leche/ha). Los valores de HC obtenidos en este trabajo concuerdan con trabajos realizados en países con similares sistemas de producción (vacas en pastoreo) como Nueva Zelanda e Irlanda donde se reportaron valores entre 0,65 y 0,93 kg CO₂eq/Lt (Basset Mens *et al.*, 2009) y valores entre 1,08 y 1,2 kg CO₂eq/Lt (Casey and Holde 2005), respectivamente.

Existen pocos estudios que evalúen el impacto ambiental de sistemas lecheros con UOD. Nuestros resultados contrastan con un estudio que muestra que los sistemas con UOD tendrían menor emisión de GEI respecto a sistemas con DOD (Chobtang *et al.*, 2017). Un estudio realizado en Nueva Zelanda, en un tambo experimental con vacas con UOD, reportó valores de emisiones de GEI inferiores que en sistemas con DOD (entre 11 y 30% menos emisiones de GEI) (Chobtang *et al.*, 2017). Sin embargo, este tambo experimental tiene un nivel de intensificación menor a los tambos tradicionales de Nueva Zelanda con los que se comparó, es decir utiliza menor carga animal, menor cantidad de alimentos importados al sistema, menor nivel de fertilización. En nuestro estudio los sistemas con UOD incrementaron la carga animal (mayor cantidad de animales en el sistema) por lo que la emisión total de GEI fue superior al sistema DODAR (Tabla 2) el cual tiene 26 vacas menos que los sistemas con UOD. Tanto los sistemas lecheros con UOD como el sistema DODAR tuvieron menor HC que el sistema promedio de Argentina, debido a la mayor productividad

obtenida en todos los sistemas evaluados respecto al promedio argentino. A medida que la diferencia en producción de leche entre los sistemas de UOD y DOD es menor, lo cual es factible luego de varios años ordeñando una vez al día (Edwards, 2018), la HC podría ser similar para ambas frecuencias de ordeño. El desafío de los sistemas con UOD será lograr niveles productivos por vaca similares a los sistemas con DOD para evitar generar mayor cantidad de emisiones de GEI.

CONCLUSIONES

Bajo los supuestos analizados en este trabajo, se concluye que los sistemas con UOD tendrían mayores emisiones de GEI por litro de leche producida comparado con sistemas de DOD, pero menor que la calculada para el tambo promedio de Argentina. El aumento de carga animal y la disminución de la producción individual de leche en sistemas con UOD fue responsable de las mayores emisiones de GEI en estos sistemas comparados con DODAR. Futuras investigaciones son necesarias para investigar otros indicadores y poder concluir acerca del impacto ambiental de los sistemas lecheros con UOD.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Basset-Mens, C.; Ledgard, S. and Boyes, M. (2009). Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. *Ecological Economics* 68, 1615-1625.
- Baudracco, J.; García, K.; Fariña, S.; Charlón, V.; Tieri, M.P.; Lazzarini, B. y Engler, P. (2015). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas lecheros de Argentina: Proyecto MIRAS Parte V. *Revista Argentina de Producción Animal* 35, 125.
- Bewsell, D.; Clark, D.A. and Dalley, D.E. (2008). Understanding motivations to adopt once-a-day milking amongst New Zealand dairy farmers. *Journal of Agricultural Education and Extension* 14, 69-80.
- Casey, W. and Holden, N. M. (2005). The relationship between greenhouse gas emissions and the intensity of milk production in Ireland. *Journal of environmental quality* 34, 429-436.
- Chobtang, J.; Sneddon, N.; McLaren, S.J.; Donaghy, D.; Lopez-Villalobos, N.; Correa Luna, M. and Ledgard, S. (2017). Environmental evaluation of once-a-day milking on a pasture-based dairy system in New Zealand. Occasional Report No. 31. Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Correa Luna, M.; Lopez-Villalobos, N.; Donaghy, D.J.; Kemp, P.D.; Almeida Jr, G.A.; (2017). Brief communication: Efficiency of crude protein utilization and milk urea nitrogen content in Friesian, Jersey and crossbred cows milked once daily. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 77, 88-90.
- CREA (2017). Calculador de huella de carbono en tambo. <https://www.crea.org.ar/calculador-de-huella-de-carbono-en-tambo/>. Acceso Febrero 2019.
- De Klein, C. and Dynes R. (2017). Analysis of a New Zealand-specific No-cost Option to Reduce Greenhouse Gas Emissions from Dairy Farms. <https://motu.nz/ourwork/environment-and-resources/agricultural-economics/no-cost-barriers/analysis-of-a-newzealand-specific-no-cost-option-to-reduce-greenhouse-gas-emissions-from-dairy-farms>. Acceso Noviembre 2019.
- Donato, L. B. (2017). Estimación del consumo potencial de gasoil para las tareas agrícolas, transporte y secado de granos en el sector agropecuario. IX Congreso Argentino de Ingeniería Rural y I del MERCOSUR - CADIR 2007.19-17 Septiembre. Córdoba, Argentina.
- Edwards, P. (2018). Comparison of milk production and herd characteristics in New Zealand herds milked once or twice a day. *Animal production Science* 59, 570-580.
- Gerber, P.J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Faluccci, A. and Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). Guidelines for national greenhouse gas inventories. In: Eggleston, S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.K. and Tanabe, H. (Eds.), Intergovernmental Panel on Climate Change. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japan.
- Lazzarini, B.; Baudracco, J.; Tuñón, G.; Gastaldi, L.; Lyons, N.; Quattrochi, H. and Lopez-Villalobos, N. (2019). Review: Milk production from dairy cows in Argentina: Current state and perspectives for the future. *Applied Animal Science* 35, 426-432.

- Lazzarini, B.; Lopez-Villalobos, N.; Lyons, N.; Hendrikse, L. and Baudracco, J. (2018). Productive, economic and risk assessment of grazing dairy systems with supplemented cows milked once a day. *Animal* 12, 1077-1083.
- Rotz, C. A.; Montes, F. and Chianese, D. S. (2010). The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. *Journal of Dairy Science* 93, 1266–1282.
- Stelwagen, K.; Phyn, C.V.C.; Davis, S.R.; Guinard-Flament, J.; Pomiès, D.; Roche, J.R. and Kay, J.K. (2013). Invited review: Reduced milking frequency: Milk production and management implications. *Journal of Dairy Science* 96, 3401–3413.
- Thoma, G.; Popp, J.; Nutter, D.; Shonnard, D.; Ulrich, R.; Matlock, M.; Kim, D. S.; Neiderman, Z.; Kemper, N.; East, C. and Adom, F. (2013). Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: A cradle-to-grave life cycle assessment circa 2008. *International Dairy Journal* 31, S3-S14.
- Tieri, M.P.; Pece, M.; Comerón, E.A.; Maciel, M.; Scándolo, D.; Castignani, H.; *et al.* (2011). Evaluación de la sustentabilidad de un tambo de alta productividad con especial énfasis en los aspectos ambientales. INTA Rafaela. Publicación Miscelánea pp.31.

Capítulo 7

Discusión general y conclusiones

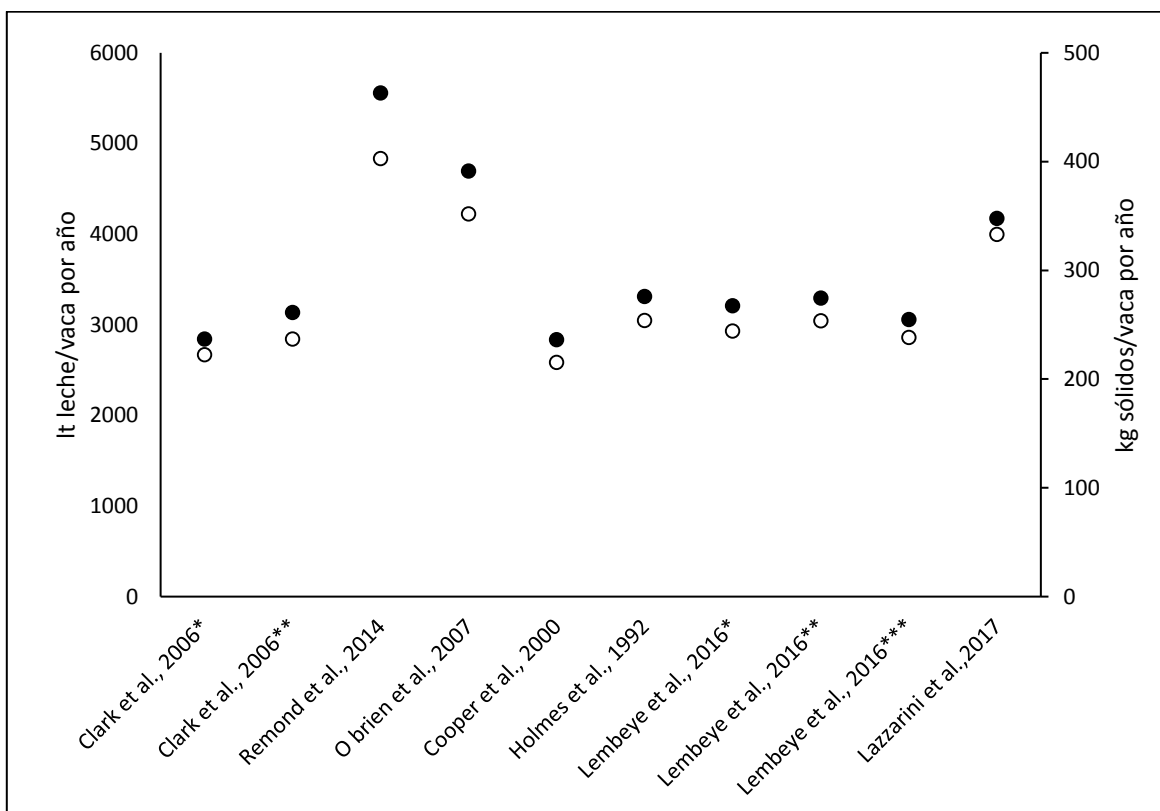
INTRODUCCION

El objetivo de esta tesis fue evaluar el desempeño productivo, económico y ambiental de sistemas lecheros pastoriles con suplementación y vacas ordeñadas una vez al día, en Argentina. Inicialmente se realizó una revisión bibliográfica en la que se contextualizó la lechería de Argentina y se detectaron las principales limitantes que enfrenta el país para incrementar la producción de leche. Luego se realizó otra revisión bibliográfica sobre los aspectos más relevantes de ordeñar una vez al día, en la que se revisaron publicaciones que reportan información de ensayos y de tambos comerciales con vacas con UOD. Para evaluar el impacto productivo y económico de sistemas con UOD en Argentina, se simularon diferentes sistemas con UOD, y se compararon con un sistema con dos ordeños diarios (DOD). Esto permitió identificar las condiciones necesarias para que estos sistemas resulten económicamente viables. Además, se realizó el seguimiento de un tambo comercial que, por primera vez, ordeñó sus vacas bajo UOD durante toda la lactancia. Por último, se calcularon las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para los sistemas previamente simulados, con el objetivo de evaluar un aspecto del impacto ambiental de sistemas con UOD en Argentina. Esta tesis contribuyó a generar información para la lechería argentina y para aquellos sistemas lecheros, en el mundo, con base pastoril y moderada suplementación, además de información científica sobre la temática a través de publicaciones internacionales.

CONTRIBUCIONES GENERALES DE LA TESIS

La principal limitante que surge para la adopción de UOD es la disminución en producción de leche por vaca que genera esta práctica comparada a DOD, la cual ha sido reportada en ensayos experimentales y en tambos comerciales. En promedio, la pérdida en producción por vaca observada en ensayos con UOD a campo fue de aproximadamente 30% respecto a DOD,

lo cual contrasta con los datos de tambos comerciales que reportan menores pérdidas, e incluso se reportó que luego de varios años con UOD es factible lograr producciones similares o levemente inferiores a las producciones previas al cambio de DOD a UOD. Combinando los resultados de los capítulos 3 y 5 se observa que las producciones de leche por vaca por año, con UOD, reportadas en los trabajos revisados varían de ~ 2.200 lt (equivalente a 223 kg sólidos) a ~5.100 lt (equivalente a 403 kg sólidos), siendo las mayores producciones reportadas para vacas Holstein Friesian (HF) suplementadas (Remond *et al.*, 2004) (Figura 1).



Clark *et al.*, 2006: Ensayo con vacas *Jersey (J) y ** Holstein Friesian (HF).

Lembeye *et al.*, 2016. Tambos comerciales con vacas *HF, **Cruza HFxJ y ***J

Figura 1. Producción de leche (leche corregida por energía; $Leche \times (0,383 \times GB\% + 0,242 \times P\% + 0,7832)/3,1138$ lt/vaca por año; círculos llenos) y de sólidos de leche (kg/vaca por año; círculos vacíos) en ensayos y tambos comerciales con vacas ordeñadas una vez al día, en el mundo.

En la Tabla 1 se muestra la producción promedio de tambos de Argentina, la producción de leche para tambos con UOD en Nueva Zelanda y la producción reportada para un tambo de Argentina con UOD (capítulo 5).

Tabla 1. Producción de leche y sólidos en tambos con un ordeño diario (UOD) y dos ordeños diarios (DOD) en Argentina y Nueva Zelanda.

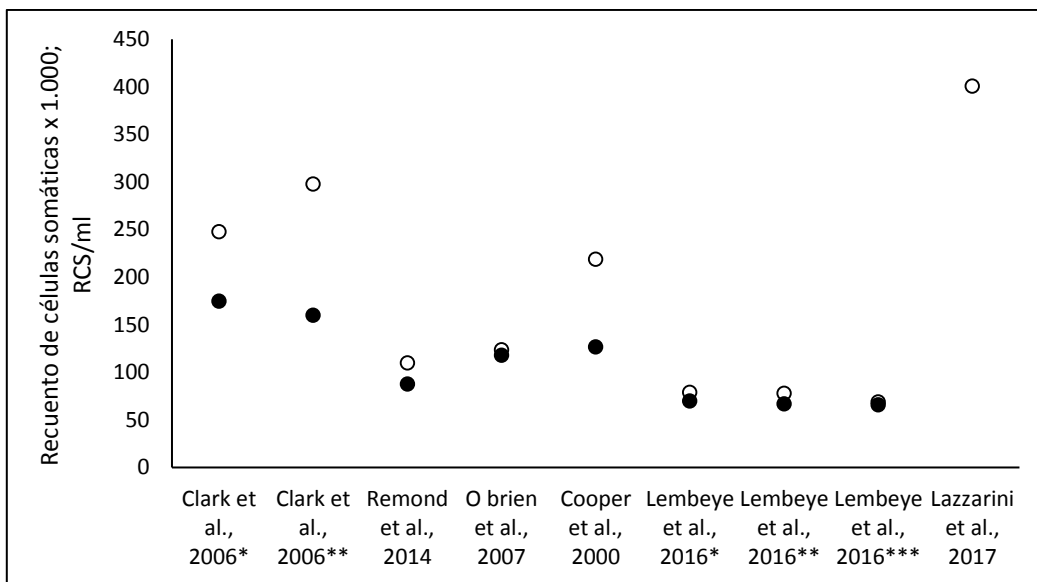
Referencia	Frecuencia ordeño	Producción leche por vaca (lt/año)	Producción Sólidos por vaca (kg/año)	Producción sólidos por ha (kg/año)
Lazzarini et al., 2019	DOD	5.900	400	560
Lazzarini et al., 2017	UOD	4.175	333	800
Lembeye et al., 2016*	UOD	2.879	245	670

*Datos de vacas Holstein Friesian asumiendo una carga animal de 2.8 vacas/ha (Hemme, 2017).

La producción promedio de leche para tambos de Argentina, con DOD, es 5.900 lt/vaca por año, equivalente a 400 kg de sólidos/vaca por año, similar a la que obtuvo Remond *et al.* (2004) con UOD (Figura 1). La productividad promedio anual de un tambo de Argentina es aproximadamente 8.000 lt/ha, equivalente 560 kg sólidos/ha (Lazzarini *et al.*, 2019) (Tabla 1). Si se compara esta productividad con la obtenida en el caso de estudio de un tambo argentino con UOD (Lazzarini *et al.*, 2017-capítulo 5) se observa que éste último logró una productividad mayor (~ 10.000 lts/ha por año y 800 kg de sólidos/ha por año) que el tambo promedio argentino, debido a la mayor carga animal que utilizó. Estos dos resultados que se presentan fueron logrados con vacas alimentadas con pastura y moderadamente suplementadas (más del 40% de la dieta como suplemento). Sin embargo, la producción promedio por vaca de Argentina representa mayormente a tambos con vacas Holando Argentino, con mayor peso vivo y mayor potencial para producción de leche que las vacas cuyos resultados se reportan en el capítulo 5 (Lazzarini *et al.*, 2017). Pese a estas diferencias, sería factible, y materia de futuras investigaciones, que este tambo con UOD y mayor

productividad resulte más rentable que el tambo promedio argentino. Del mismo modo, si se compara la productividad promedio de tambos con UOD en Nueva Zelanda con vacas Holstein Friesian (Lembeye *et al.*, 2016), asumiendo una carga animal de 2,8 vacas/ha (promedio de carga animal en tambos de Nueva Zelanda; Hemme, 2017), se concluye que estos tambos producen similar cantidad de litros de leche por ha que un tambo promedio de Argentina, pero producen mayor cantidad de sólidos de leche por ha por año (Tabla 1). Nuevamente es importante destacar que los tambos que reportan producción de UOD en Nueva Zelanda utilizan un biotipo animal al utilizado en Argentina, y sus sistemas son básicamente pastoriles con muy baja suplementación y alta carga animal comparado al sistema promedio de Argentina. Pese a estas diferencias, los tambos con UOD en Nueva Zelanda logran productividades similares al tambo promedio de Argentina, los cuales realizan DOD. Además de la disminución en producción de leche por vaca en los sistemas lecheros con UOD, mantener un bajo recuento de células somáticas puede convertirse en un desafío en estos sistemas.

Si bien en los ensayos y en los datos de tambos comerciales presentados en el capítulo 3, se observó que el recuento de células somáticas (RCS) se incrementa al pasar a UOD, tal como se observa en la Figura 2, esto no representa un problema ya que en ningún caso superan los valores máximos exigidos por la industria (400.000 CS/ml). En Argentina, el promedio en el RCS es de 433.000 /ml (promedio de los últimos 5 años), por lo que un incremento de este parámetro, a causa de UOD, generaría una disminución en el precio de la leche por exceder el límite máximo de calidad establecido por la industria. En el tambo de UOD reportado en el capítulo 5, el RCS estuvo en el límite aceptado por la industria.



Clark *et al.*, 2006: Ensayo con vacas *Jersey (J) y ** Holstein Friesian (HF).

Lembeye *et al.*, 2016. Tambos comerciales con vacas *HF, **Cruza HFxJ y ***Jersey

Figura 2. Recuento de células somáticas (x 1.000 RCS/ml) en ensayos y tambos comerciales con vacas con dos (círculo lleno) y un ordeño diario (círculo vacío), en el mundo.

Otro de los inconvenientes que genera UOD es el mayor descarte de vacas, debido a mayores problemas de ubres. Por lo tanto, una de las condiciones fundamentales para poder adoptar el sistema de UOD es que el productor pueda permitirse rechazar más vacas de las que normalmente rechaza, al menos durante los primeros años de adopción de UOD. En consecuencia, si desea seguir manteniendo el rodeo estable (en número de vacas) o incluso aumentarlo para incrementar la carga animal (como se aconseja en sistemas con UOD) deberá lograr elevada eficiencia en la crianza de las terneras y en la eficiencia reproductiva del rodeo, dos condiciones que no se cumplen en los tambos promedios de Argentina (Lazzarini *et al.*, 2019). Por último, la disminución en producción de leche esperada en sistemas de UOD generará un menor ingreso económico. Por lo que la alternativa de UOD sería recomendable para productores que logren resultados económicos positivos ordeñando dos veces al día.

A continuación, se presentan las principales contribuciones de cada capítulo de esta tesis.

Principales contribuciones del capítulo 2: Producción de leche en Argentina: situación actual y perspectivas. Revisión bibliográfica.

Este capítulo permitió caracterizar la producción de leche en Argentina (Lazzarini *et al.*, 2019) y presentar las principales limitantes de los sistemas lecheros. Si bien existe información sobre la lechería argentina en estadísticas oficiales y organismos públicos y privados, en este capítulo se unificó y discutió la información existente, y se constituyó en el primer artículo científico publicado en inglés describiendo cabalmente la producción de leche en Argentina.

Este capítulo puso en evidencia que la producción de leche en Argentina está estancada. Argentina produce aproximadamente 10.000 millones de litros de leche por año, es el segundo productor lechero de América latina, después de Brasil. Si bien la producción de leche en Argentina se ha duplicado prácticamente en los últimos 50 años, permanece estable en los últimos 20 años. La producción láctea en 1998 fue aproximadamente 10.000 millones de litros, similar a la producción actual (Secretaría de agroindustria, 2018). Esto contrasta con lo que ocurrió en otros países lecheros del mundo: Nueva Zelanda, Irlanda y Uruguay que incrementaron la producción de leche entre 50 % y 100% en las últimas dos décadas (Lazzarini *et al.*, 2019). Además, se detectó que la productividad de los sistemas lecheros es baja, aproximadamente 8.000 lt/ha por año, siendo mayor en sistemas en los que las vacas se encuentran en confinamiento (Lazzarini *et al.*, 2019). La baja productividad condiciona la rentabilidad de los tambos e imposibilita realizar las inversiones necesarias para incrementar la producción de leche. Sin embargo, ensayos experimentales (Baudracco *et al.*, 2011) y datos

de grupo de productores tecnificados de Argentina (AACREA, 2020) muestran que es posible incrementar la productividad de los sistemas lecheros de Argentina.

En este capítulo se proponen como causas principales de dicho estancamiento la imposibilidad de crecimiento del rodeo lechero y el lento crecimiento de la producción individual. La elevada mortandad en la crianza de los terneros (Baudracco *et al.*, 2014) y una baja performance reproductiva de las vacas (Cattaneo *et al.*, 2015) impiden el crecimiento del rodeo lechero nacional. Por otro lado, la falta de infraestructura en los tambos afecta el bienestar animal y las condiciones laborales limitando la producción individual.

Las instalaciones de ordeño, sombras y aguadas se encuentran lejos del estado óptimo, lo que afecta el bienestar de los animales y consecuentemente la producción de leche. La falta de infraestructura también genera inconvenientes con los recursos humanos. En este capítulo se evidenció que un empleado de tambo trabaja, en Argentina, en promedio aproximadamente 10 horas diarias, con horarios poco compatibles con la vida social, ya que en el 74% de los tambos el horario de ordeño de la mañana comienza antes de las 4 AM (Lazzarini *et al.*, 2019). Esto hace de la lechería una actividad sacrificada y poco atractiva para los jóvenes.

Esta problemática puede abordarse de varias maneras. Una de ellas es la automatización de algunas tareas que se realizan en el tambo, incluida el ordeño. La robotización en los tambos, es decir el uso de robots que realizan la tarea de ordeño, ha crecido en el mundo en los últimos años (King and DeVries, 2018). Según revisiones recientes se estima que el ahorro en mano de obra es aproximadamente 20% a 50% comparado con el tradicional ordeño a máquina. Sin embargo, el principal impedimento para su adopción es su elevado costo, tanto la inversión inicial como el mantenimiento posterior del equipamiento (Jiang *et al.*, 2017).

Otra alternativa para reducir la cantidad de horas de trabajo y disponer de mayor tiempo libre es realizar un ordeño diario, y esta alternativa es la que se abordó en esta tesis. Este capítulo

contribuyó con información y discusiones que resultan de utilidad para que productores, asesores e investigadores puedan desarrollar estrategias que permitan mejorar los aspectos productivos, económicos y sociales de la lechería argentina.

Principales contribuciones del capítulo 3: Un ordeño diario en vacas lecheras en lactancia completa: resultados de experimentos, tambos comerciales y trabajos de simulación.

Revisión bibliográfica.

En el capítulo 3 se revisaron los trabajos de investigación realizados en el mundo sobre UOD en vacas lecheras. La revisión incluyó trabajos experimentales, trabajos con modelos de simulación e información de tambos comerciales. En este capítulo se demostró que, si bien es esperable una disminución en la producción individual de leche cuando se cambia de DOD a UOD, la reducción en producción de leche observada en tambos comerciales es menor a la obtenida en los ensayos experimentales.

Así, algunos estudios que reportan información de vacas ordeñadas una vez al día durante varios años (Edwards, 2018; DairyNZ, 2016), encontraron que la reducción en producción individual puede ser tan solo 10% comparada con rodeos con DOD, debido a que los productores descartan vacas que no tienen una buena performance productiva cuando son ordeñadas una vez al día. Los resultados de las investigaciones y datos de tambos comerciales presentados en este capítulo también revelaron que el RCS aumenta cuando se implementa UOD. Esto implica que los productores deben estar preparados para hacer frente a un mayor RCS y posibles infecciones de ubres. Los aumentos en el recuento de células somáticas pueden implicar sanciones en el precio de la leche, dependiendo del umbral de penalización de la industria, y esto puede afectar el precio percibido por la leche vendida. Por lo tanto, se deduce que es aconsejable realizar una preselección de vacas antes de comenzar con UOD y

eliminar del rodeo vacas propensas a infecciones de ubres ya que es fundamental contar con un rodeo con buena sanidad de ubres. En este capítulo también se ha demostrado que la performance reproductiva de las vacas con UOD mejora respecto a rodeos con DOD (DairyNZ, 2016), tanto en ensayos experimentales como en tambos comerciales, lo que, en el mediano plazo, ayudaría a compensar el mayor descarte de vacas debido a problemas de ubre.

Este capítulo permitió concluir que los sistemas lecheros con UOD pueden ser exitosos y económicamente viables. Sin embargo, para que esto ocurra se deben considerar estrategias que permitan minimizar la disminución en la producción de leche (y los menores ingresos debido a la menor venta de leche) en los sistemas con UOD. Es recomendable, durante los primeros años de UOD, aumentar la carga animal (Clark *et al.*, 2006; Holmes *et al.*, 2011) por dos razones: para compensar la disminución en la producción de leche (y equiparar la producción de leche por ha) y permitir posibles tasas de rechazo más elevadas debido a problemas de ubres o rendimientos inaceptables de leche. Si bien al pasar a UOD el ingreso por venta de leche será menor debido a una menor producción por vaca, la disminución en el costo de mano de obra y otros gastos relacionados con el ordeño podrían compensar parcialmente este menor ingreso. Este capítulo contribuyó a demostrar que existen evidencias suficientes que permiten concluir que los sistemas lecheros con UOD son una alternativa viable.

Combinando los resultados de los capítulos 2 y 3 se concluye que en Argentina existe potencial para incrementar la productividad de los sistemas lecheros; un ordeño diario puede ser una alternativa para contribuir a mejorar la sustentabilidad de estos sistemas, ya que ha demostrado ser productiva y económicamente viable en otros países.

Principales contribuciones del capítulo 4: Evaluación productiva, económica y de riesgo en sistemas lecheros pastoriles con vacas suplementadas ordeñadas una vez al día.

Con el objetivo de investigar el impacto productivo y económico de UOD en sistemas lecheros de Argentina, se desarrolló el capítulo 4. En este capítulo se realizaron simulaciones determinísticas y estocásticas que permitieron evaluar distintos escenarios de sistemas lecheros con UOD en sistemas con vacas en pastoreo y suplementadas. En las alternativas de UOD evaluadas en este capítulo se asumió i) una disminución en la producción individual de leche de 30%, 24%, 19 % y 10%, ii) un incremento en la proporción de sólidos en vacas con UOD y iii) un incremento de la carga animal (Lazzarini *et al.*, 2018). Los sistemas con UOD tuvieron menor productividad que el sistema con DOD, a pesar de tener una mayor carga animal. El único sistema con productividad similar al sistema de DOD fue UOD10 ya que la producción de leche disminuyó solo 10% por vaca comparado con DOD. La rentabilidad fue menor en todos los sistemas con UOD comparada con el sistema de DOD, sin embargo, todos los sistemas tuvieron un resultado económico positivo.

Combinando los resultados del capítulo 2, 3 y 4 se concluye que en Argentina existe potencial para implementar UOD. Sin embargo, se destaca que para que resulte una actividad rentable se debería, simultáneamente: lograr que la disminución en producción de leche sea mínima (aproximadamente 10% respecto a vacas con DOD), incrementar la carga animal y mantener un RCS acorde con las exigencias de la industria.

Principales contribuciones del capítulo 5: Un ordeño diario con vacas suplementadas en Argentina. Comunicación.

Con el objetivo de documentar la implementación de UOD en un tambo comercial de Argentina se desarrolló el capítulo 5. Este capítulo representó el primer estudio de caso

publicado sobre producción de leche bajo UOD en sistemas argentinos. Los resultados indicaron que las vacas tuvieron una producción de leche inferior al promedio nacional. Sin embargo, la producción en litros y sólidos de leche fue superior a la producción reportada en vacas lecheras de NZ con UOD. En nuestro estudio, aproximadamente la mitad de la dieta estuvo compuesta por alimentos concentrados. Los parámetros de calidad de leche, especialmente el RCS fueron aceptables de acuerdo a los estándares de la industria argentina, pero estuvieron en el límite tolerado por la industria. En este capítulo no se evaluó el resultado económico del tambo, lo cual hubiera sido interesante para determinar la factibilidad económica de llevar adelante un sistema lechero con UOD. Tampoco se contemplaron variables sociales que pudieran indicar si UOD representó un beneficio para las personas que trabajan en el tambo.

Combinando los resultados de los capítulos 2, 3, 4 y 5 se observa que, si bien en Argentina existe potencial para implementar UOD, su implementación práctica se enfrenta al desafío de mantener un RCS en niveles aceptables. En tambos argentinos, en los que el RCS es elevado uno de los principales desafíos será minimizar los casos de mastitis y el rechazo de vacas por esta causa en sistemas con UOD.

Principales contribuciones del capítulo 6: Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas lecheros con vacas ordeñadas una vez al día.

Para completar el análisis productivo, económico y realizado en el capítulo 4, se llevó a cabo un análisis de impacto ambiental, en el que se calcularon las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para los sistemas simulados en el capítulo 4 y para el tambo promedio de Argentina a partir de los datos presentados en el capítulo 2. La información que existe sobre impacto ambiental de sistemas lecheros con UOD es limitada. En nuestro estudio, los

sistemas con UOD tuvieron mayores emisiones de GEI por litro de leche que el sistema con DOD, debido a la mayor carga animal asumida para los sistemas con UOD y a la menor producción individual. Sin embargo, las emisiones de GEI por litro de leche de los sistemas con UOD fueron similares a la estimada para el tambo promedio de Argentina. Nuestro estudio sugirió que mientras mayor sea la reducción en producción de leche, a causa de ordeñar una vez al día, mayores serán las emisiones de GEI por litro de leche en sistemas con UOD.

Combinando los resultados de capítulos anteriores se destaca que, si bien los sistemas con UOD podrían ser una alternativa productiva y económicamente viable en Argentina, la emisión de GEI sería mayor que en sistemas con DOD. Aunque, si se logra minimizar la reducción en producción individual de leche, al pasar de DOD a UOD, las emisiones de GEI por litro de leche serían similares entre UOD y DOD. Por lo tanto, el desafío de los sistemas con UOD incluye minimizar las pérdidas en producción individual, no sólo para que el sistema sea rentable, sino también para que sea ambientalmente sustentable.

LIMITACIONES DEL TRABAJO Y FUTURAS INVESTIGACIONES

Los resultados que se presentan en esta tesis corresponden a revisiones bibliográficas, estudios de simulación y seguimiento de un caso de estudio en un tambo comercial. Para completar estos estudios, sería importante realizar un ensayo experimental con vacas ordeñadas una y dos veces al día bajo las condiciones productivas, sociales y económicas de Argentina. La evaluación de esta alternativa, en un sistema real de producción, permitiría obtener datos más certeros respecto del impacto de reducir la frecuencia de ordeño en vacas y en tambos de Argentina.

El presente trabajo contempló la evaluación de UOD diario durante toda la lactancia. Sin embargo, existen ensayos experimentales y evidencia de tambos comerciales que utilizan UOD en algún momento específico de la lactancia (inicio o fin) (Stelwagen *et al.*, 2013). También existen trabajos que evalúan la posibilidad de reducir uno o dos ordeños semanales, es decir 12 o 13 ordeños semanales en vez de 14 por semana (Charton *et al.*, 2016). Estas alternativas contribuirían a mejorar las condiciones laborales de las personas que trabajan en el tambo; sin embargo, no fueron incluidas en el desarrollo de esta tesis, por lo que podrían evaluarse a futuro para determinar su viabilidad productiva y económica para sistemas lecheros argentinos. Tampoco se incluyeron en esta tesis los efectos de UOD sobre el bienestar animal. Este punto es de suma importancia dado la relevancia actual del tema. Otro aspecto interesante, a evaluar en el futuro, sería la percepción de los consumidores de productos lácteos sobre esta alternativa, considerando que UOD generaría un mayor bienestar para las personas que trabajan en el tambo.

Respecto a los sistemas lecheros evaluados en el capítulo 4, se utilizó como base un sistema con DOD cuyos datos pertenecen a un ensayo de investigación realizado en Argentina, en el que se evaluó el efecto de la carga animal sobre variables productivas y económicas (Baudracco *et al.*, 2011). El sistema utilizado como base es un sistema de alta carga animal y elevada productividad (2.6 VT/ha y 17.000 lt/ha por año) comparado al promedio nacional (1,4 VT/ha y 8000 lt/ha por año); por lo tanto no representan al tambo promedio de Argentina, aunque si existen en el país sistemas lecheros que alcanzan o superan estos niveles productivos. Sería importante, entonces, evaluar productiva y económicamente estas alternativas para sistemas lecheros promedio de Argentina. Además, los sistemas propuestos en este capítulo con UOD incluyeron elevados niveles de suplementación, considerando que son sistemas de baja producción individual. Los nuevos sistemas a investigar deberían incluir

menores cantidad de suplementos por vaca y posiblemente menores producciones individuales a las reportadas en nuestro trabajo. En las simulaciones realizadas en el capítulo 4 no se asumieron diferencias en la performance reproductiva de las vacas ordeñadas una o dos veces al día. Sin embargo, tal como se mostró en el capítulo 3, existe evidencia que demuestra que las vacas con UOD tienen mejor desempeño reproductivo, por lo que sería interesante investigar situaciones en las que mejora la performance reproductiva en los sistemas con UOD.

Respecto al capítulo 5, seguimiento productivo de un tambo argentino con UOD, solo se realizó el seguimiento del primer año de reducción de la frecuencia de ordeño. La posibilidad de realizar el seguimiento de varios años generaría información importante para los productores lecheros. Un análisis económico de la situación del tambo analizado permitiría obtener conclusiones más cabales.

Por último, en el capítulo 6 se estimó la emisión de los GEI en los sistemas simulados previamente en el capítulo 4. La evaluación de otros indicadores de impacto ambiental, tales como balances de nutrientes, huella hídrica, generaría conclusiones más completas para determinar si los sistemas con UOD son compatibles con una producción ambientalmente sustentable. Esto resultaría muy relevante, ya que existe escasa información al respecto.

CONCLUSIONES GENERALES

1. En argentina los sistemas lecheros con UOD serían viables desde el punto de vista productivo y económico, según las simulaciones realizadas y el estudio de caso presentado (este último no incluyó análisis económico). Sin embargo, se concluye que la disminución en producción de leche debe ser mantenida debajo del 10%, lo que es factible luego de cuatro

o cinco años de implementado UOD, para que el resultado económico sea similar a sistemas con DOD de alta productividad. La reducción de gastos asociados a la mano de obra compensa parcialmente la disminución de ingresos generados por la menor venta de leche en los sistemas con UOD.

2. Las emisiones de GEI resultaron levemente superiores en los sistemas de UOD comparado con el sistema simulado con DOD (DODAR), pero similares a las del tambo promedio argentino. Para poder concluir adecuadamente sobre del impacto ambiental de sistemas lecheros con UOD debería evaluarse una mayor cantidad de indicadores ambientales.

3. Futuras investigaciones deberían incluir un ensayo a campo para poder comparar vacas con UOD y DOD bajo las condiciones de Argentina. Futuras simulaciones deberían incluir sistemas lecheros con menores niveles de suplementación que lo planteado en este trabajo.

4. Por último, la decisión de cambiar la frecuencia de ordeño de DOD a UOD implica una evaluación del sistema lechero completo. En Argentina, el sistema de UOD sería viable para aquellos productores que: i) estén dispuestos a asumir una leve reducción en el resultado económico de su tambo, con el objetivo de mejorar las condiciones laborales, ii) mantengan un rodeo con buena sanidad de ubres, iii) sean eficientes en la crianza y recría de hembras de reemplazo para afrontar mayores descartes en los primeros años y iv) logren eficiencia productiva, reproductiva y económica ordeñando dos veces al día.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AACREA, Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agropecuaria. (2020). Informe microeconómico. Reporte. https://www.crea.org.ar/wp-content/uploads/2020/05/Informe_Microeconomico_Nro_75-1.pdf. Acceso Septiembre 2020.
- Baudracco, J.; Lazzarini, B.; Rosset, A; Jáuregui, J. Braidá, D. y Maiztegui, J. (2014). Cuantificación de limitantes productivas en tambos de Argentina. Reporte Final. <http://www.infortambo.com/admin/upload/arch/proyecto%20indices.pdf>. Acceso Octubre 2018.
- Baudracco, J.; Lopez-Villalobos, N.; Romero, L.A.; Scandolo, D.; Maciel, M.; Comeron, E.A.; Holmes, C.W. and Barry, T. N. (2011). Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbreed Holstein–Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. *Animal Feed Science and Technology* 168, 131–143.
- Cattaneo, L.; Baudracco, J.; Lazzarini, B. and Ortega, H. (2015). Methodology to estimate the cost of delayed pregnancy for dairy cows. An example for Argentina. *Revista Brasileira de Zootecnia* 44, 226–229.
- Charton, C.; Larroque, H.; Robert Granié, C.; Pomiès, D.; Leclerc, H.; Friggens, N.C. and Guinard-Flament, J. (2016). Individual responses of dairy cows to a 24-hour milking interval. *Journal of Dairy Science* 99, 3103–3113.
- Clark, D.A.; Phyn, C.V.C.; Tong, M.J.; Collis, S.J. and Dalley, D.E. (2006). A systems comparison of once versus twice daily milking of pastured dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 1854–1862.
- Cooper, C. (2000). Once-a-day milking: Possible and profitable?. *Proceedings of South Island Dairy Event (SIDE): Healthy, Wealthy and Wise, 5-7 July 2000, Invercargill, New Zealand*, pp. 152–163.
- DairyNZ (2016). Full season once-a-day milking. <https://www.dairynz.co.nz/animal/herd-management/once-a-day-milking/full-season-once-a-day-oad-milking/>. Acceso Septiembre 2016.
- Edwards, P. (2018). Comparison of milk production and herd characteristics in New Zealand herds milked once or twice a day. *Animal Production Science* 59, 570–580.
- Hemme, T. (2017). *International Farm Comparison Network Dairy report 2017*. IFCN, Kiel, Germany.
- Holmes, C.W. (2011). OAD milking with OAD cows: the future for NZ’s low-cost grazing systems. *Proceedings of the South Island Dairy Event (SIDE): Healthy, Wealthy and Wise, 5-7 July 2000, Invercargill, New Zealand*, pp. 1–15.
- Jiang, H; Wang, W and Li, C. (2017). Innovation, practical benefits and prospects for the future development of automatic milking systems. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering* 4, 37–47.
- King, M.T.M and DeVries, T.J. (2018). Graduate Student Literature Review: Detecting health disorders using data from automatic milking systems and associated technologies. *Journal of Dairy Science* 101, 8605–8614.
- Lazzarini, B.; Peluffo, L.; Lopez-Villalobos, N.; Hendrikse, L. and Baudracco, J. (2017). Brief communication: Once-a-day milking with supplemented cows in Argentina. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 77, 61–63.

- Lazzarini, B.; Baudracco, J.; Tuñon, G.; Gastaldi, L.; Lyons, N.; Quattrochi, H. and Lopez-Villalobos, N. (2019). Review: Milk production from dairy cows in Argentina: Current state and perspectives for the future. *Applied Animal Science* 35, 426-432.
- Lazzarini, B.; Lopez-Villalobos, N.; Lyons, N.; Hendrikse, L. and Baudracco, J. (2018). Productive, economic and risk assessment of grazing dairy systems with supplemented cows milked once a day. *Animal* 12, 1077-1083.
- Lembeye, F.; Lopez-Villalobos, N.; Burke, J. L. and Davis, S. R. (2016). Milk production of Holstein-Friesian, Jersey and crossbred cows milked once-a-day or twice-a-day in New Zealand, *New Zealand Journal of Agricultural Research* 59, 50-64.
- O'Brien, B.; Gleeson, D.; Boyle, L. and Mee, J. (2007). Reduced milking frequency creates opportunity for automatic milking systems. *Proceedings of the International symposium on advances in milking*, 11 April 2007, Radisson, Cork, Irlanda, pp. 106-114.
- Rémond, B.; Pomiès, D.; Dupont, D. and Chilliard, Y. (2004). Once-a-day milking of multiparous Holstein cows throughout the entire lactation: milk yield and composition, and nutritional status. *Animal Research* 53, 201-212.
- Secretaría de agroindustria. (2018). Estadísticas lecheras. https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_01_primaria/index.php. Acceso Noviembre 2019.
- Stelwagen, K.; Phyn, C.V.C.; Davis, S.R.; Guinard-Flament, J.; Pomiès, D.; Roche, J.R. and Kay, J.K. (2013). Invited review: Reduced milking frequency: Milk production and management implications. *Journal of Dairy Science* 96, 3401-3413.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer el financiamiento recibido de CONICET a través del programa de becas doctorales, el cuál financió parte de este trabajo de investigación. También agradezco a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral y especialmente a su decano, Norberto Gariglio, por apoyar y promover siempre la formación de posgrado de los docentes de esta casa.

Muchas gracias a mi director, Javier Baudracco, por sus sabias sugerencias que contribuyeron a que este trabajo sea de calidad. También agradezco a Nicolas López-Villalobos, mi codirector, por sus aportes valiosos.

Gracias a Luis Peluffo, por abrir las puertas de sus tambos y permitir que se pueda generar y publicar información valiosa para el sector lechero.

Por último, gracias a la vida por permitirme cerrar esta etapa y a mi hermosa familia por acompañar siempre.

“Para empezar un gran proyecto hace falta valentía...para terminarlo hace falta perseverancia”. Se cierra un capítulo más ...vamos ahora por nuevos desafíos!.

