

ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO:

¿QUÉ HEMOS APRENDIDO DE LOS SISTEMAS COMERCIALES Y QUÉ HEMOS GENERADO DESDE LA INVESTIGACIÓN EN URUGUAY?



ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO:

¿QUÉ HEMOS APRENDIDO DE LOS SISTEMAS COMERCIALES Y QUÉ HEMOS GENERADO DESDE LA INVESTIGACIÓN EN URUGUAY?

AUTORES

Martín Aguerre - 1

Cecilia Cajarville - 2

Alejandro La Manna - 3

Daniel Cavestany - 3,4

Alejandro Mendoza - 3,5

Diego A. Mattiauda - 6

Mariana Carriquiry - 6

José Luis Repetto - 5

Ana Meikle - 7

Pablo Chilbroste - 6

1 - Ejercicio Liberal, Coordinador Componente I – Red Tecnológica Sectorial

2 - Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Veterinaria, UdelaR,

3 - Programa de Producción de Leche, INIA La Estanzuela,

4 - Departamento de Reproducción Animal, Facultad de Veterinaria, UdelaR,

5 - Departamento de Bovinos, Facultad de Veterinaria, UdelaR,

6 - Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, UdelaR,

7 - Laboratorio de Endocrinología y Metabolismo Animal, Facultad de Veterinaria, UdelaR.



Prólogo

Pág. 04

01

Evolución de la lechería nacional en los últimos años

Pág. 06

02

Manejo del pastoreo con impacto en variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

Conceptos generales

Pág. 12

Factores del animal con impacto en el comportamiento en pastoreo

Pág. 14

Impacto de la asignación de pastura sobre variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

Pág. 16

Impacto del ayuno y el tiempo de acceso a la pastura sobre variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

Pág. 20

03

Manejo de la alimentación con impacto en variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

Conceptos generales

Pág. 26

Impacto de la paridad y la condición corporal al parto sobre variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

Pág. 28

Impacto de la alimentación preparto sobre variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

Pág. 29

Impacto del sistema de alimentación sobre variables productivas, reproductivas, endócrino/metabólicas y la calidad del producto de vacas lecheras en producción

Pág. 34

04

Consideraciones finales

Pág. 44

05

Referencias Bibliográficas

Pág. 46

06

Artículos no incluidos en la Revisión

Pág. 54

Prólogo

La producción lechera del Uruguay ha experimentado cambios importantes en los últimos 10 años en términos de productividad, incrementando 57% la producción con un 15% de disminución en el área destinada a la leche-ría. Este dinamismo tuvo, sin lugar a dudas, un contexto favorable en precios internacionales, pero ha sido desafiante en términos de competencia por los factores de producción, especialmente tierra y mano de obra debido al dinamismo de la agricultura, la forestación y la ganadería. La organización mayoritariamente cooperativa de la cadena agroindustrial láctea, así como una definida vocación exportadora, única forma genuina de crecimiento cuando el consumo interno no demanda más que el 25% del volumen producido, son también condiciones estructurales que determinan la necesidad de encarar esfuerzos multi-institucionales en clave estratégica de construcción de competitividad.

Sobre una base de acumulación genética, producto de esfuerzo de generaciones, con un status sanitario animal cimentado en el concepto "una salud" y, con una articulación público privada como elemento identificador de dicho status, la incorporación de tecnología y la intensificación de la producción se dio fundamentalmente sobre la base de mejoras generales en el manejo y en la nutrición de respuesta rápida, principalmente de suplementación con concentrados, respondiendo a relaciones insumo-producto favorables.

La información relevada indica, en la mayoría de las situaciones un aumento de la carga y de la producción individual.

Es interesante tomar en cuenta que este proceso de inversión en tan corto tiempo explica el aumento del endeudamiento sectorial, el cual se triplicó entre 2009 y 2014, justamente durante el mejor ciclo de precios de las últimas décadas. Frente a condiciones favorables, la respuesta de un sector tan dinámico como la lechería es hacia un aumento de la producción reinvertiendo los saldos del buen ciclo de precios y tomando endeudamiento adicional. Este proceso profundizó la heterogeneidad en materia de productividad, escala, eficiencia y endeudamiento entre diferentes estratos de productores. Hoy en día el 40% de los productores remitentes, con menos de 1500 litros diarios, explican menos del 7% de la remisión. En términos promedio (con las limitaciones que esto implica) se caracterizan por baja producción, sin asistencia técnica y menor endeudamiento. La evolución de su producción ha sido estable con incrementos anuales menores al 2%. El resto ha tenido trayectoria de crecimiento, con diferencias individuales, tanto en productividad, inversión y crecimiento de la remisión, con conjuntos de productores con crecimientos anuales superiores al 9%, pero que en conjunto explican el crecimiento de más de 57% en 7 años.

Una vez superado un ciclo de bajos precios internacionales, con resultados actuales positivos en la enorme mayoría de las situaciones prediales, pero con el peso del endeudamiento, es especialmente oportuna la consideración y análisis del presente trabajo. La producción y utilización eficiente del forraje combinado en forma "inteligente" con otras fuentes de alimentos, será determinante en la competitividad y resiliencia (económica y ambiental) de los sistemas lecheros. Si bien el foco del trabajo está en la comprensión y cuantificación de procesos biológicos, su articulación entre lo académico (generación de conocimiento) y lo tecnológico, lo transforma en un material de consulta obligada para quienes enfrentan el desafío permanente de la construcción de competitividad y resiliencia de los sistemas productivos.

Aportes basados en información nacional en manejo de pastoreo y su complementación con diferentes calidades de concentrados, en términos físicos como de calidad de producto, la consideración de manejos de condición corporal pre y post parto, y sus efectos en la variable productiva, reproductiva, y endócrino-metabólica, constituyen un activo que merece ser destacado y considerado relevante como insumo estratégico por todos aquellos que desde diferentes roles tenemos la responsabilidad de seguir construyendo un camino de desarrollo nacional. La síntesis de 13 años de investigación de UdelaR (Agronomía y Veterinaria), INIA

y el monitoreo de cientos de predios comerciales durante un periodo tan fermental, constituyen un aporte indispensable, en la búsqueda de objetivos de competitividad y resiliencia.

Es destacable la potencia de estrategias de investigación bien integradas con el sector productivo, donde se genera, analiza y comparte información tanto en los sistemas de producción como en las estaciones experimentales. Los lineamientos estratégicos del MGAP "Inserción internacional", "Intensificación sostenible", "Fortalecimiento y articulación institucional" y "Adaptación y mitigación al cambio climático" aparecen claramente reflejados en el contenido de este trabajo. Finalmente, resaltar el valor agregado del involucramiento institucional y personal de todos los actores en un modelo que propende a un uso intensivo y eficiente de los recursos públicos.

Ing. Agr. Tabaré Aguerre
Ministro de Ganadería Agricultura y Pesca



Evolución de la lechería nacional en los últimos años

En los últimos 15 años, la producción de leche en el Uruguay ha tenido un fuerte incremento (**Cuadro 1**), la entrada de leche a plantas industrializadoras aumentó de 1146 a 2041 millones de litros (78%) entre los ejercicios 2000/2001 y 2013/2014 (DIEA, 2005; 2015). Este crecimiento se vió sustentado por una mayor productividad por hectárea ya que según la misma fuente la superficie total de tambos cayó en un 21%. Así, el crecimiento en la producción de leche se basó en un aumento de la carga animal en los sistemas (28% de incremento en el período) y fundamentalmente en una mayor productividad por vaca masa (VM) que pasó de 3220 a 5270 L/VM/año en el mismo período de tiempo (DIEA, 2005; 2015).

Con una cadena productiva netamente exportadora, los sistemas de producción lecheros de Uruguay deben ser competitivos internacionalmente y proyectarse en modelos productivos de bajo costo relativo. En este marco, la producción de pasturas (praderas perennes y verdes), asociado a una buena utilización y eficiencia de transformación de la materia seca consumida en leche, tiene impacto directo en los costos de producción (Chilibroste y Battagazzore, 2014; Chilibroste, 2015a). Es así que las pasturas templadas de buena calidad son ampliamente utilizadas en los sistemas de producción de leche constituyendo una excelente fuente de nutrientes para alimentar las vacas en ordeño y la cría de reemplazos. Este tipo de alimento contienen entre un 18 y 24% de materia seca (MS), 18 a 25% de proteína bruta (PB), 40 a 45% de fibra neutro detergente (FDN) y de 1,53 a 1,67 Mcal/kgMS de energía neta de

Cuadro 1: Principales indicadores productivos y técnicos de la producción lechera, por año agrícola

INDICADORES	Producción de leche comercial (millones de litros/año)	Remisión y venta directa (millones de litros/año)	Superficie total de tambos (miles de ha)	Número de tambos totales (miles)	Total de vacunos lecheros (miles de cabezas)	Litros anuales/vaca masa
2000/01	1,329	1,146	1,000	5,1	760	3220
2001/02	1,301	1,137	1,000	5,1	763	2980
2002/03	1,343	1,157	980	4,9	734	3215
2003/04	1,494	1,307	960	4,6	708	3830
2004/05	1,619	1,402	891	4,6	724	4073
2005/06	1,620	1,429	852	4,5	728	4078
2006/07	1,576	1,408	874	4,6	743	3875
2007/08	1,582	1,422	849	4,6	744	3877
2008/09	1,694	1,550	800	4,5	710	4255
2009/10	1,766	1,580	857	4,5	764	4102
2010/11	2,057	1,871	850	4,4	793	4358
2011/12	2,177	1,964	817	4,3	755	4857
2012/13	2,268	2,046	811	4,4	782	5018
2013/14	2,240	2,041	794	4,3	773	5270

Adaptado de DIEA, 2005 y 2015.

lactación (Bargo y col., 2003; Fulkerson y col., 2007). La materia orgánica, las fracciones fibrosas y nitrogenadas de este tipo de pasturas son altamente degradadas en rumen (Bargo y col., 2003; Repetto y col., 2005; Repetto y col., 2011; Cajarville y col., 2012a). Sin embargo, la concentración energética de este tipo de alimentos, en adición a sus altos contenidos de humedad y fibra (NRC, 2001), puede resultar en bajos consumos de MS y energía (Kolver y Muller, 1998) que condicionen la producción. Estos factores en adición a las grandes fluctuaciones en la disponibilidad de forraje que se dan en

las diferentes épocas del año, han llevado a que los sistemas de alimentación incluyan niveles crecientes de suplemento (reservas de forraje y/o concentrados) en la dieta con el fin de aumentar y estabilizar la producción de leche a lo largo del año.

En un seguimiento de 37 predios comerciales, distribuidos en distintas regiones del país, se evaluó la producción de leche y la alimentación del rodeo en ordeño durante el período abril-noviembre de 2003 (Chilibroste y col., 2004a). Estos autores reportaron bajos niveles de producción individual durante los primeros 105 días de lactancia tanto para vacas como para vaquillonas (18,5 y 16,8 litros/día, respectivamente) resultado de bajos niveles de consumo total de alimento (13 a 17 kg MS/vaca/día). La pastura cosechada directamente por los animales representó a lo largo del año entre el 50 y el 85% de la dieta consumida. Analizando esta misma serie de datos durante un período más prolongado de tiempo Chilibroste y col. (2004b, c y d) diagnosticaron problemas estructurales en el manejo del pastoreo, con ingreso a pasturas con baja altura y disponibilidad por hectárea y con asignaciones por vaca

que limitaban el consumo y explicaban el bajo desempeño productivo de los animales. En los sistemas que registraban mayor producción individual los animales llegaban al parto con mejor condición corporal, registraban mayor producción de leche desde el primer mes de lactancia y pastorearon pasturas con mayor disponibilidad y altura de biomasa, sin detectarse diferencias en los niveles de suplementación con concentrados. Estos datos marcan con claridad que el manejo durante el periparto y las decisiones asociadas al manejo del pastoreo definieron gran parte de la eficiencia productiva de los sistemas lecheros monitoreados.



Datos más recientes que surgen del análisis de la información proveniente de más de 300 predios comerciales durante los años 2011 a 2014 (Proyecto de Producción Competitiva de Conaprole) señalan que tanto la producción individual como la carga en los sistemas de producción de leche se han incrementado. Si bien durante los últimos años se constató un aumento en los niveles de suplementación (reservas de forraje y concentrados), la base de los sistemas de producción de leche en Uruguay sigue siendo esencialmente pastoril representando el pasto de cosecha directa entre el 48 y 54% de la dieta de los animales en el año (Chilibroste y Battezzore, 2014; Chilibroste, 2015a). En estos sistemas se determinó una alta asociación entre productividad (L o kg sólidos/haVM/año) y margen de alimentación (U\$S/haVM/día). A su vez, se encontraron sistemas de producción en los que, con diversas combi-

naciones de carga y producción individual, se logran buenos resultados productivos y económicos. Los autores plantean que un incremento en la productividad basada en el ajuste equilibrado de carga y producción individual sobre una base de participación de la pastura en torno al 50% de la materia seca total tiene alto impacto en el resultado de las empresas lecheras y reduce el nivel de vulnerabilidad ante escenarios económicos desfavorables (Chilibroste y Battezzore, 2014; Chilibroste, 2015a).

Analizando la cantidad y proporción de alimentos en las dietas de las vacas en sistemas de alta y baja productividad, Chilibroste (2015a) reporta que los sistemas de mayor productividad alimentan mejor a sus animales logrando mayores consumos de MS total (18,8 vs. 15,9 kgMS/VO/día) y mayor eficiencia de conversión del alimento en leche por las vacas en ordeño (1,15 vs. 1,02 L de leche/kgMS; 81,7 vs. 71,4 g de sólidos/kg MS). Los sistemas de mayor productividad trabajan con más carga (1,36 vs. 0,78 VM/haVM, para sistemas de alta y baja productividad respectivamente), logran consumos de pastura por vaca en ordeño similares (8,6 vs. 9,1 kgMS/VO/día) y consumos de pastura por hectárea muy superiores (4006 vs. 2434 kgMS/haVM/año). Si bien los niveles de suplementación con reservas y concentrados por vacas son mayores (4,4 vs. 3,0 y 5,8 vs. 3,8 kgMS/VO/día; reservas y concentrados, alta y baja productividad, respectivamente), la combinación del aumento de carga con aumento de producción individual lleva a una mejora en la eficiencia de uso de los recursos alimenticios en los sistemas más productivos (1,01 vs. 0,84 L por ha VM/kg MS por ha VM; 71,2 vs. 58,6 g sólidos por ha VM/kg MS por ha VM) y a mejoras en la productividad (8801 vs. 3661 L/ha VM/año; 623 vs. 255 kg sólidos/ha VM/año) y el margen de alimentación por hectárea.

Sistemas que manejan alta carga animal (más de 1,5 VM/haVM) y que apuntan a un alto consumo de pastura de cosecha directa por hectárea (5100 a 5600 kgMS/haVM), con niveles de suplementación con concentrados medios (1800 a 2200 kgMS/haVM) y niveles de producción individual medios a bajos (15,2 a 18,7 L/VO/día), logran resultados similares a sistemas que apuntan a altos niveles de producción individual (24 a 25 L/VO/día), mane-

jando cargas medias (1,01 a 1,18 VM/haVM), con menores consumos de pastura de cosecha directa por hectárea (2900 a 3500 kgMS/haVM) y mayor uso de concentrados (2300 a 3000 kgMS/haVM) (Chilibroste y Battezzore, 2014). Si bien ambos sistemas enfrentan diferente nivel de riesgo ante fluctuaciones en las relaciones de precios o inclemencias climáticas, parece claro que gran parte de su éxito lo definen aspectos de manejo de la alimentación que le permiten usar eficientemente la pastura y/o tener buena eficiencia biológica en la transformación del alimento en leche.

En sintonía con los cambios mencionados a nivel comercial, se han reportado en los últimos años un número importante de trabajos de investigación que tienen como objetivo estudiar pautas de manejo del pastoreo y estrategias de alimentación pre y postparto que permitan mejorar la respuesta animal desde un punto de vista productivo y reproductivo. Los resultados obtenidos en estos estudios, sometidos a un régimen de evaluación por pares (publicaciones científicas indexadas), constituyen un aporte de conocimiento sólido que puede ser utilizado como base para el desarrollo de la lechería en Uruguay. El presente trabajo tiene como objetivo integrar la información generada a nivel nacional sobre los efectos de diferentes estrategias de alimentación en las principales variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción. Al mismo tiempo, pretende facilitar el acceso a la información científica generada en los últimos años a productores y técnicos del sector lechero.

El presente trabajo tiene como objetivo integrar la información generada a nivel nacional sobre los efectos de diferentes estrategias de alimentación en las principales variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción. Al mismo tiempo, pretende facilitar el acceso a la información científica generada en los últimos años a productores y técnicos del sector lechero.



Manejo del pastoreo con impacto en variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

Conceptos generales

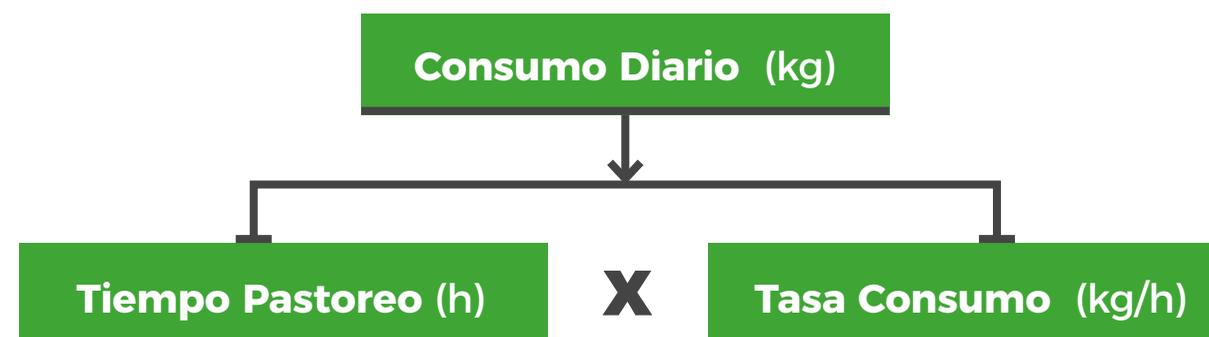
Según lo planteado por Chilibroste (2002), en los sistemas intensivos de producción de leche del Hemisferio Norte la manipulación de la cantidad y tipo de nutrientes disponibles para el rumiante se realiza a través de cambios en el nivel y tipo de suplemento utilizado. En los sistemas pastoriles del Hemisferio Sur donde la pastura es el componente principal de la base alimenticia, la manipulación de la cantidad y tipo de nutrientes disponibles para el rumiante se basa en el control del proceso de pastoreo, siendo la vía tecnológica con mayor potencial de lograr cambios en la cantidad y calidad del producto obtenido sin variar en forma significativa los costos de producción. El control del proceso de pastoreo involucra una serie de decisiones relacionadas al manejo de la pastura (disponibilidad y altura de la masa de forraje

al momento del ingreso al pastoreo), al manejo de los animales (elaboración de rutinas diarias) y al manejo de la alimentación (nivel y tipo de suplementación, ubicación y duración de sesiones de pastoreo y/o suplementación a lo largo del día), siempre tomando en cuenta la estructura disponible en el establecimiento (distancia al pastoreo, calidad de caminos, lugares de descanso y áreas de suplementación).

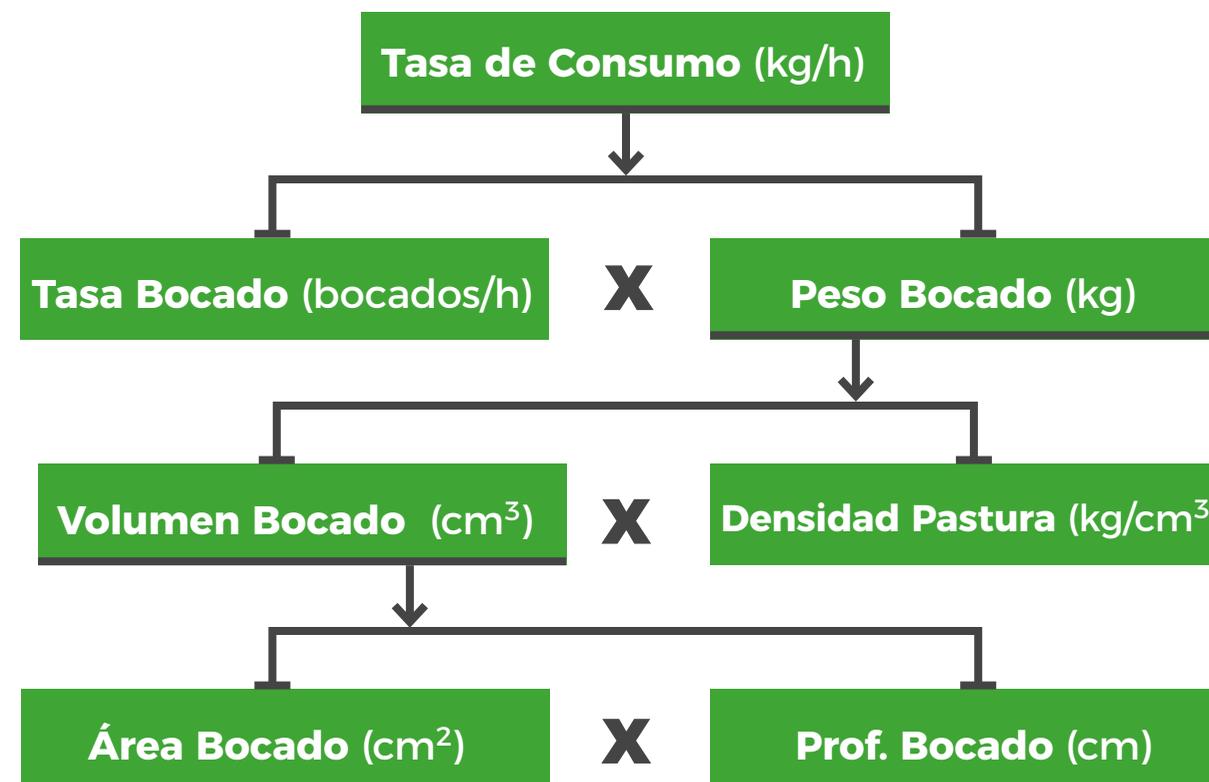
El consumo en pastoreo está determinado por el producto del tiempo que los animales dedican a pastorear y la tasa de consumo de forraje durante el tiempo de pastoreo. A su vez, la tasa de consumo depende de factores como la tasa de bocado y el peso del bocado (Allden y Whittaker, 1970; **Esquema 1**). Éste último está fuertemente influenciado por la condición de la pastura medida en términos de altura (cm) y densidad (plantas/m²) del estrato pastorea-

Esquema 1: Factores que determinan el consumo en pastoreo

Consumo de MS en pastoreo



Tasa de consumo



do (Chilibroste y col., 2005a y 2015b). Generalmente hay una relación curvilínea entre la altura del forraje y el peso del bocado, con aumentos sucesivamente menores en el peso de bocado en la medida que la altura del forraje se incrementa. Esta relación es dependiente de la densidad del forraje ofrecido, así el efecto benéfico sobre el consumo de manejar pasturas con alturas del forraje ofrecido no limitante cae en la medida que disminuye la densidad de plantas por unidad de superficie. En respuesta a una caída en la altura del forraje ofrecido, y por ende del peso de bocado, las vacas aumentan la tasa de bocado y disminuyen la cantidad de movimientos de manipulación y masticación ingestiva de la pastura que consumen. Sin embargo, en muchas situaciones esto actúa como una compensación parcial y la caída en la altura de la pastura determina caídas en la tasa de consumo. Ante esta situación la principal vía de respuesta por parte de los animales para contrarrestar una baja altura del forraje ofrecido es el aumento del tiempo dedicado a pastorear a lo largo del día. Sin embargo, si la altura del forraje es muy baja el aumento en el tiempo de pastoreo es insuficiente para compensar completamente la caída en la tasa de consumo y el consumo de MS se ve disminuido (Chilibroste y col., 2005a y 2015b).

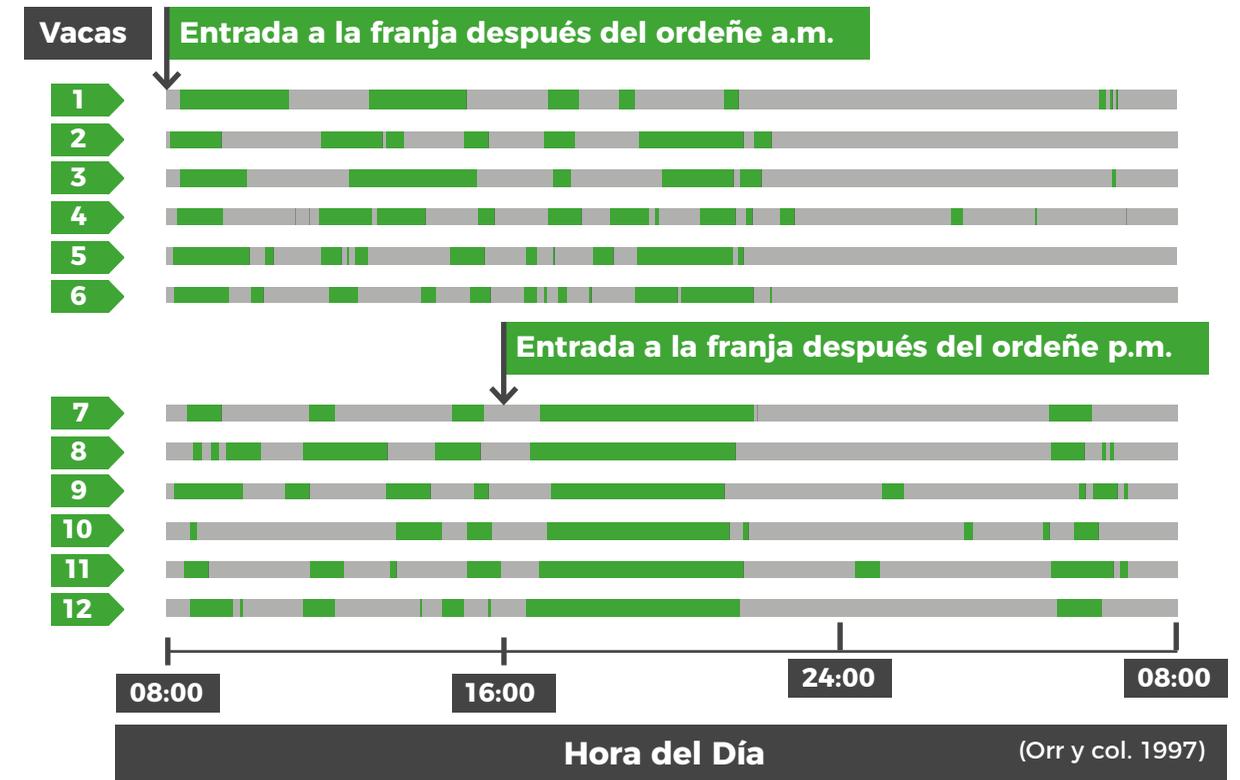
El control del proceso de pastoreo involucra una serie de decisiones relacionadas al manejo de la pastura, al manejo de los animales y al manejo de la alimentación en interacción con la infraestructura disponible en cada establecimiento.

Factores del animal con impacto en el comportamiento en pastoreo

Dentro del componente animal hay factores que afectan la relación entre la altura del forraje, el peso del bocado y el tiempo total de pastoreo como ser la edad, el estado fisiológico, el fotoperiodo (momento del día) y el tiempo que transcurre entre el último evento de alimentación y el ingreso al pastoreo (horas de ayuno). Cuando la estructura de la pastura no actúa como limitante, la estrategia usada por vacas lecheras en pastoreo para cubrir un incremento en sus requerimientos nutricionales es aumentar el tiempo total de pastoreo (Chilibroste y col., 2015b). Chilibroste y col. (2012) reportan en vaquillonas en inicio de lactancia una relación lineal positiva entre los días en lactancia y la tasa de bocado, independientemente del nivel de asignación de forraje ofrecido. Según estos autores las vaquillonas en inicio de lactancia tienen restricciones para cubrir sus requerimientos de energía en condiciones de pastoreo ya que en las primeras tres semanas de lactancia los animales pastorean una baja proporción del tiempo disponible (<35%) a una tasa muy baja (<35 bocados/min), lo que sugiere un proceso de pastoreo lento y selectivo. De acuerdo con este trabajo parecería que vaquillonas en inicio de lactancia necesitarían al menos tres semanas para lograr tiempos de pastoreo y tasas de bocado comparables al de vacas multíparas en el mismo momento de su lactancia (Chilibroste y col., 2012).

Esquema 2: Patrón de ingestión de animales en pastoreo

Patrón de ingestión en pastoreo en franjas



En climas templados el patrón básico de comportamiento de los animales está asociado al fotoperiodo y marca tres o cuatro sesiones de pastoreo a lo largo del día. En vacas lecheras las sesiones más largas e intensas de pastoreo ocurren en la tarde (Chilibroste y col., 2005a, 2007 y 2015b). Cajarville y col. (2015), estudiando la variación a la largo del día del nivel de carbohidratos solubles y la fermentación *in vitro* de alfalfa y festuca cosechadas en otoño, reportaron una mayor concentración de carbohidratos solubles y mayor fermentación del forraje cosechado en la tarde. Así, estos autores sugieren que cuando la oferta de forraje en el sistema es limitada, el pastoreo en la tarde

debe ser considerado como una herramienta de manejo para mejorar la respuesta animal. En el mismo sentido, Orr y col. (1997) señalan que vacas que reciben una franja nueva en la tarde logran mayor tasa de consumo y dedican una mayor proporción del tiempo total de pastoreo a pastorear en la tarde y noche cuando los niveles de MS y carbohidratos solubles en la pastura son mayores (Esquema 2). Como consecuencia el pastoreo en la tarde podría ser más beneficioso para la producción animal que el pastoreo en la mañana.

Estudios realizados con vacas que tenían acceso por 6–8 horas a la pastura entre el ordeño de la mañana y la tarde y que estaban suplementadas con concentrado y ensilaje muestran un patrón sistemático de pastoreo. Inicialmente todos los animales pastorean por aproximadamente 100 minutos, seguido de un período de rumia y descanso. Luego en cualquier momento de la sesión de pastoreo aproximadamente el 50% de los animales se ven pastoreando. Como consecuencia aproximadamente el 70% de la pastura consumida es ingerida en la primera mitad de la sesión de pastoreo (Chilibroste y col., 2007). Prácticas de manejo que prevén períodos largos sin alimento disponible (ayuno) antes del ingreso al pastoreo induce sesiones iniciales de pastoreo más largas, con altas tasas de consumo de forraje fresco y caídas en la selectividad del animal. A su vez, para sostener estas altas tasas instantáneas de consumo, la masticación ingestiva y la rumia caen causando un efecto de llenado ruminal por acumulación de partículas largas que puede aumentar el tiempo de retención del forraje en el rumen y eventualmente restringir el consumo (Chilibroste y col., 2007 y 2015b). Estas prácticas de manejo determinan que, cuando los animales tienen acceso por tiempo restringido a la pastura con ayuno previo, las dinámicas de pH ruminal sean menos estables y con valores medios de pH a lo largo del día más bajos que cuando los animales tienen acceso continuo al alimento (Cajarville y col., 2006; Repetto y Cajarville, 2006; Chilibroste y col., 2007). A su vez, el acceso a la pastura con ayuno previo determina una abrupta caída del pH ruminal a valores por debajo de 6,2 (Cajarville y col., 2006; Chilibroste y col., 2007; Mattiauda y col., 2013) que se mantienen incluso por más de 8 horas luego del inicio de la sesión de pastoreo (Cajarville y col., 2006).

En climas templados el patrón básico de comportamiento de los animales está asociado al fotoperiodo y marca tres o cuatro sesiones de pastoreo a lo largo del día. En vacas lecheras las sesiones más largas e intensas de pastoreo ocurren en la tarde.

Impacto de la asignación de pastura sobre variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

En un sistema de producción de leche que use la pastura como componente base de la alimentación, la asignación de pastura (kg MS/animal o kg MS/100 kg PV) provee la base por la cual se regula la utilización de la pastura, el consumo animal y la producción. Ante una determinada disponibilidad de pastura por hectárea, la asignación de forraje o presión de pastoreo se regula en base al tamaño de la franja y al número de animales por unidad de superficie. El objetivo es proporcionar una condición de la pastura que permita altas tasas de consumo diario y alta producción animal. La dificultad del manejo del pastoreo radica en regular la asignación de forraje a fin de lograr buenos consumos de pastura, con utilidades que no lleven a la acumulación y pérdida de la calidad del pasto. Altas asignaciones promueven alto peso de bocado y alta tasa de consumo, pero llevan a una caída en la utilización de la pastura y a aumentos en la proporción de pastura senescente (Chilibroste y col., 2015b). La relación entre asignación de pastura y consumo de



MS es curvilínea donde sucesivos incrementos en la asignación por animal llevan progresivamente a menores respuestas en consumo. Sin embargo, la relación precisa entre asignación y consumo depende también de la condición de la pastura (altura y disponibilidad por hectárea) y del potencial de producción de los animales (Chilibroste y col., 2005a y 2015b).

Chilibroste y col. (2012) estudiaron en vaquillonas de parto de otoño el efecto del manejo con un nivel de asignación de pastura por animal alto (30 kg MS/animal/día), medio (15 kg MS/animal/día) o bajo (7,5 kg MS/animal/día) durante los primeros 60 días de lactancia. Los animales se ordeñaban a las 5:00 y a las 16:00 h y pastoreaban una pradera de Festuca, Trébol blanco y Lotus corniculatus entre las 8:00 y las 15:00 h, se suplementaban de manera individual a las 18:00 h con 10 kg de ensilaje de maíz, 0,4 kg de heno y 4,8 kg de un concentra-

Uno de los desafíos centrales del manejo del pastoreo radica en regular la asignación de forraje de manera de poder controlar la intensidad de defoliación.

El control de este proceso impacta positivamente sobre la cantidad y calidad de forraje producido y cosechado por los animales a lo largo del año.

do comercial (valores expresados en base fresca) a fin de cubrir los requerimientos de mantenimiento y una producción basal de 10 L de leche. La disponibilidad promedio de la pastura durante todo el experimento fue de 2750 ± 275 kg MS/ha. Como era de esperar la utilización de la pastura fue inversamente proporcional a

la asignación por vaca siendo de 47, 61 y 73% para alta, media y baja asignación respectivamente (**Figura 1**). Para todas las asignaciones la probabilidad de encontrar vaquillonas pastoreando durante la sesión de pastoreo fue similar, registrándose un aumento en esta variable en la medida que progresaron los días en lactancia. En los tres niveles de asignación los animales pastorearon activamente en las etapas iniciales de la sesión de pastoreo (mayor probabilidad de pastoreo y mayor tasa de bocado) reduciendo su actividad hacia la mitad y las etapas finales de la sesión (menor probabilidad de pastoreo y menor tasa de bocado). Estos resultados hacen suponer que las diferencias en consumo de forraje que se observan al manejar animales con diferente asignación de forraje están asociadas fundamentalmente al peso del bocado. La producción de leche difirió entre tratamientos siendo mayor para los animales con alta y media asignación ($24,3 \pm 0,3$ y $22,7 \pm 0,4$ L/día, respectivamente) que para los animales con baja asignación de forraje ($19,2 \pm 0,4$ L/día). Sin embargo, el nivel de asignación de forraje no afectó el contenido de grasa y proteína en leche. La respuesta en producción de leche al incremento en la asignación de forraje entre los grupos de baja y media fue de $0,43$ L de leche/kg extra de asignación, mientras que entre los grupos de baja y alta la respuesta bajó a $0,19$ L de leche/kg extra de asignación. Entre los grupos de media y alta no hubo respuesta en leche al incremento en la asignación de forraje, sin embargo los efectos a nivel metabólico y reproductivo fueron distintos entre estos tratamientos (Meikle y col., 2013a, Astessiano y col., 2017).

Los animales que recibieron el tratamiento de alta asignación tuvieron mayor condición corporal (CC) promedio (3,18 puntos) que los

animales que recibieron media y baja asignación (3,05 y 3,07 puntos, respectivamente). Si bien en todos los tratamientos los animales mostraron una caída similar en la condición corporal en los primeros 20 días de lactancia, los animales manejados con alta asignación comenzaron a recuperar condición corporal desde el día 21 de lactancia, mientras que los animales manejados con media y baja asignación continuaron perdiendo condición hasta el final del experimento. La menor caída en condición corporal de los animales con alta asignación también se asoció con un mejor estatus endócrino/metabólico, una probabilidad de reinicio a la ciclicidad ovárica posparto más alta y un ambiente uterino más propicio para retener la preñez en el postparto temprano. Los animales con alta asignación tuvieron menores niveles plasmáticos de ácidos grasos no esterificados (AGNE) y mayores niveles de urea en sangre que los animales con asignación media de forraje (Meikle y col., 2013a). A su vez los animales manejados con alta asignación tuvieron una mayor expresión de genes relacionados a la función uterina y al crecimiento embrionario, lo que sugiere un ambiente más favorable para el crecimiento embrionario con impacto en la función reproductiva (Astessiano y col., 2017). Estos resultados demuestran un fuerte esfuerzo metabólico por sostener la producción de leche en los animales manejados con asignaciones medias de forraje que incluso llevó a que la probabilidad de ovular un mes luego del parto fuera menor en estos animales respecto a los animales manejados con alta asignación de forraje (Meikle y col., 2013a). En tanto, los animales con baja asignación de forraje ajustaron su nivel de producción de leche en orden de mantener su homeostasis (Meikle y col., 2013a).



HA

Función (HA)

$$y = 18.8e^{-0.024x}$$

$$R^2 = 0.97$$



MA

Función (MA)

$$y = 20.3e^{-0.018x}$$

$$R^2 = 0.98$$



LA

Función (LA)

$$y = 20,8e^{-0.01x}$$

$$R^2 = 0.86$$

Altura de Pastura (cm)

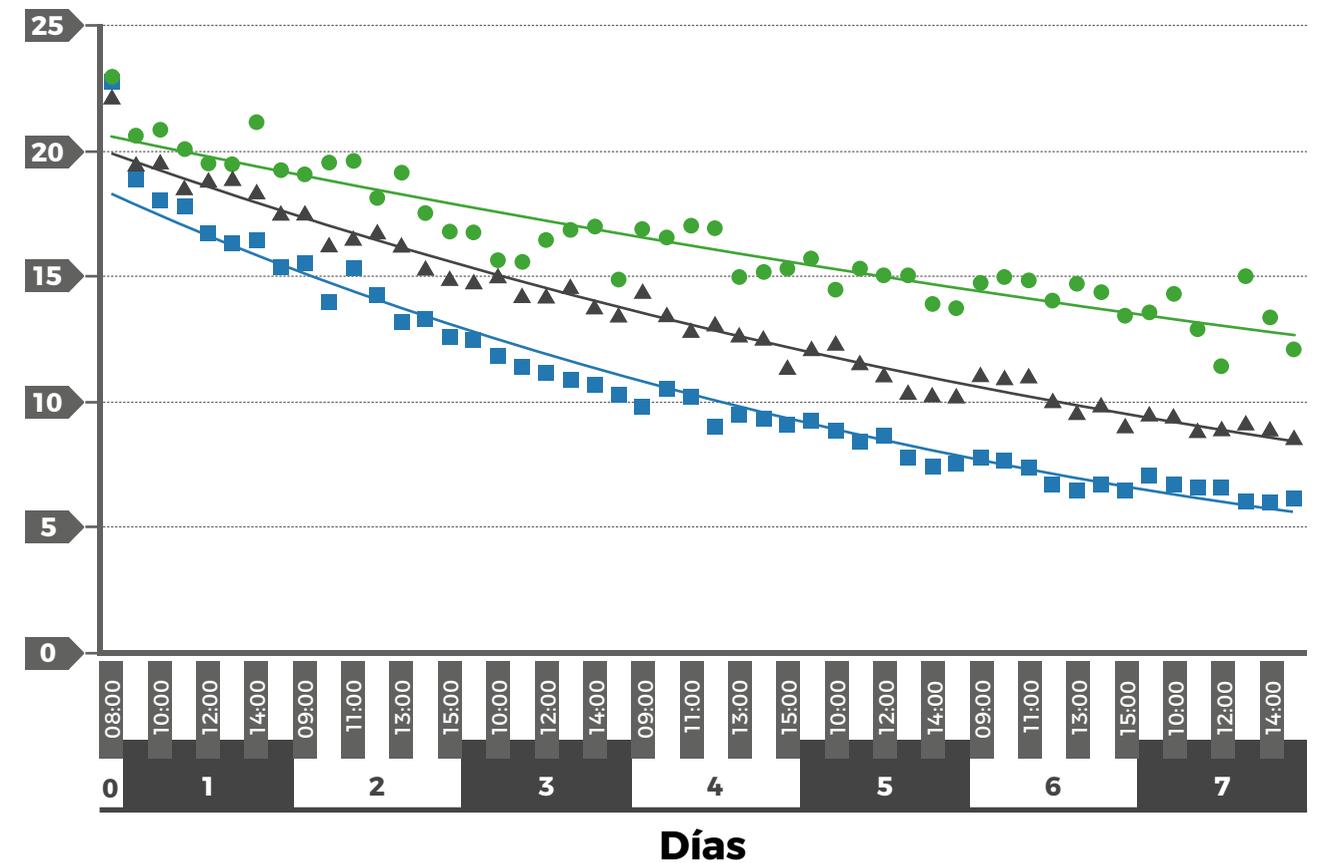


Figura 1: Cambios en la altura del forraje para vaquillonas que recibieron alta (HA), media (MA) o baja (LA) asignación de pastura (adaptado de Chilibroste y col. 2012).

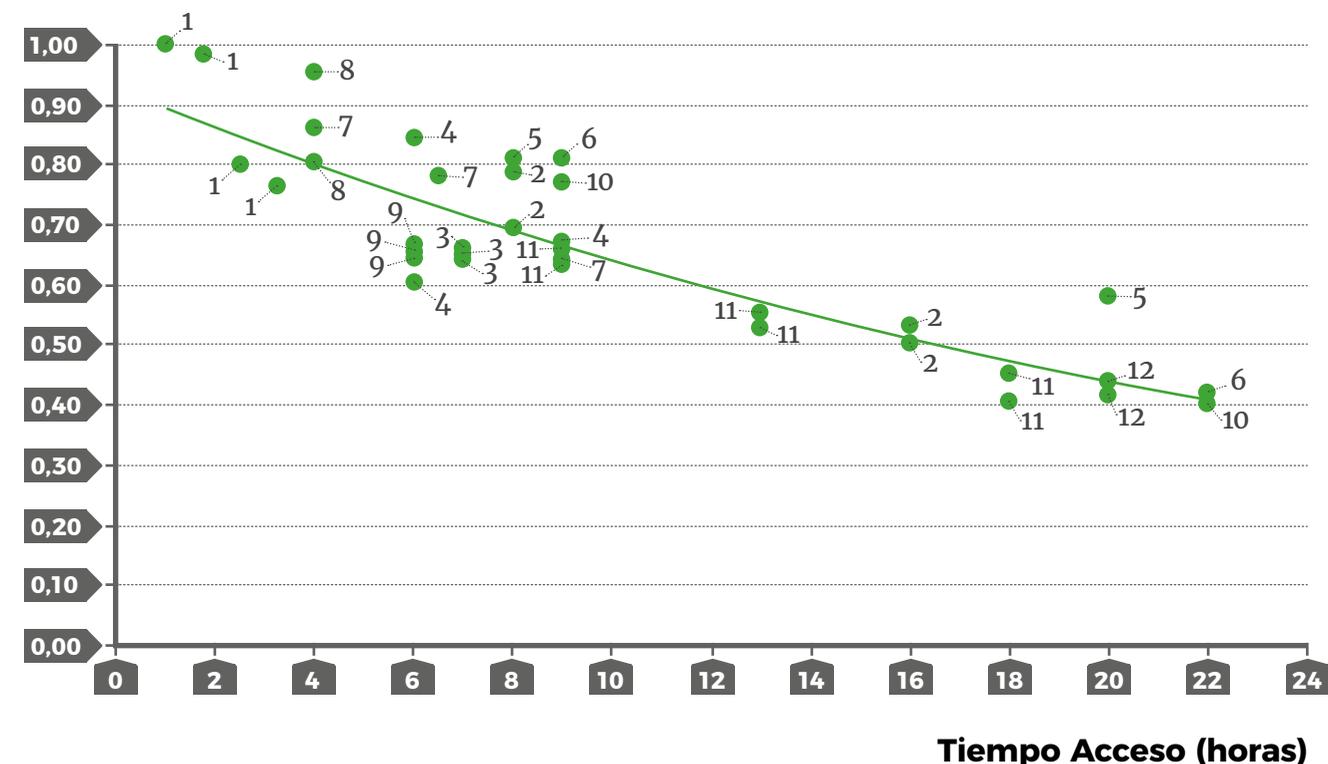
Impacto del ayuno y el tiempo de acceso a la pastura sobre variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

De manera general, el tiempo destinado al pastoreo es inversamente proporcional al tiempo de acceso a la pastura (Figura 2). Así, las vacas muestran una caída exponencial en la proporción del tiempo usado para pastorear cuando aumenta el tiempo de acceso a la pastura (Chilibroste y col., 2015b). Este comportamiento debería ser considerado debido al potencial efecto negativo de la permanencia de los animales (pisoteo y eliminación de heces) sobre la utilización y productividad de las pas-

turas. Evaluando el efecto del tiempo de acceso a la pastura (16 vs. 8 h) y de la asignación de forraje por vaca (60 vs. 30 kg MS/vaca/día), Chilibroste y col (2005b) reportan efectos positivos del incremento en el tiempo de acceso a la pastura y de la asignación en la producción de leche. Las vacas con 16 h de acceso a la pastura pastorearon durante más tiempo que las de 8 h de acceso, tanto en la condición de alta (509 vs. 332 min.) como de baja asignación (481 vs. 379 min.). Sin embargo, con 8 horas más de acceso a la pastura, las vacas con 16 h sólo destinaron un 30% del tiempo extra a actividades de cosecha de forraje, mientras que las vacas con 8 h de acceso mostraron un pastoreo más eficiente dedicando entre el 70 y el 80% del tiempo de permanencia en la pastura a actividades de cosecha de forraje.

El tiempo efectivo de pastoreo de las vacas lecheras es inversamente proporcional al tiempo de acceso a la pastura (Figura 2). Este comportamiento debe ser considerado en el manejo del pastoreo dado que impacta sobre el animal (consumo), sobre la pastura (pisoteo) y sobre el ambiente (reciclaje heces y orina).

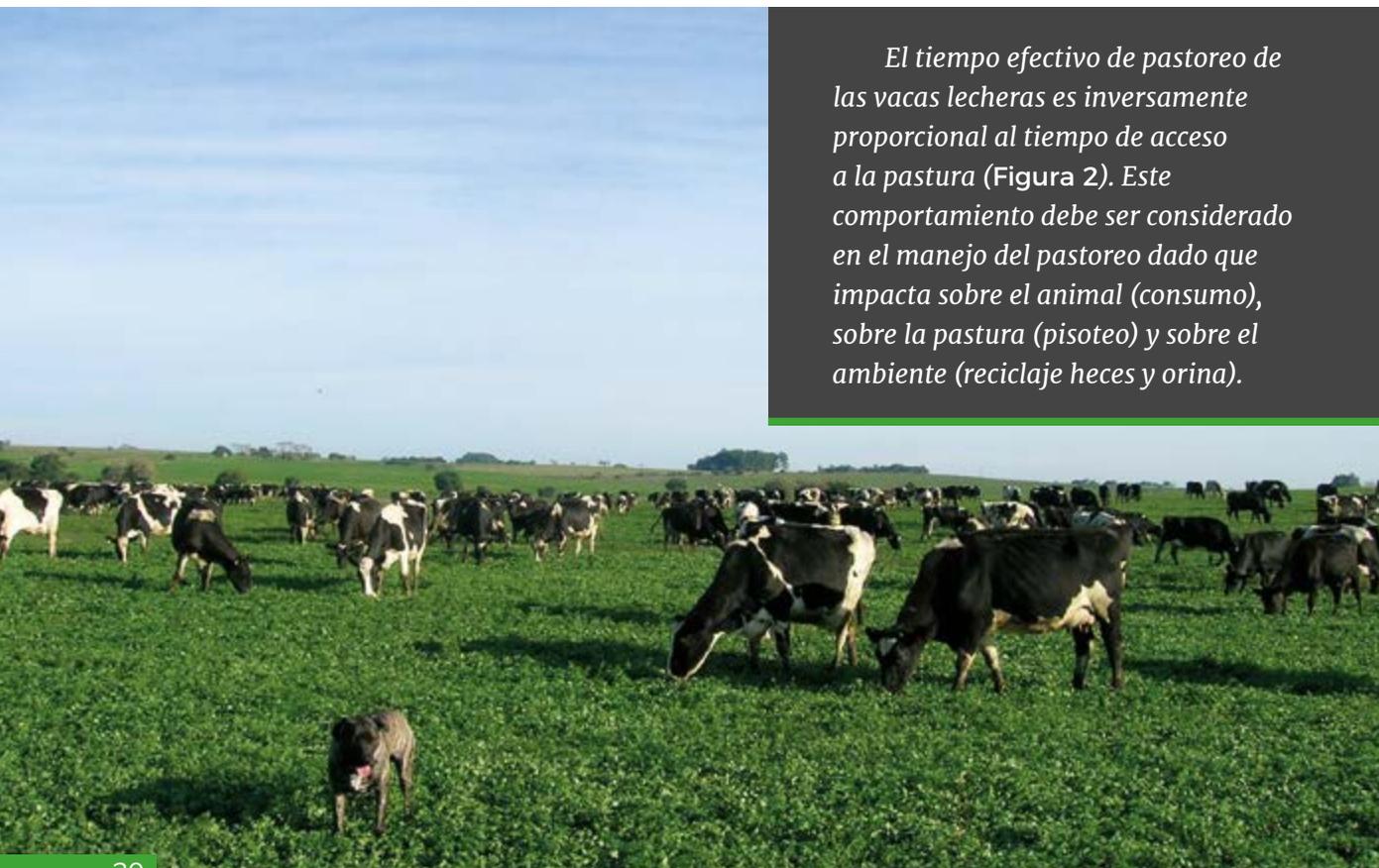
Tiempo de pastoreo como proporción del tiempo de acceso a la pastura



El número de la serie refiere al origen de los datos:

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1. Chilibroste y col. 1997 | 7. Kristensen y col. 2007 |
| 2. Chilibroste y col. 2007 | 8. Mattiauda y col. 2013 |
| 3. Chilibroste y col. 2012 | 9. Mattiauda y col. (per. com.) |
| 4. Fajardo y col. 2015 | 10. Perez-Ramirez y col. 2007 |
| 5. Gregorini y col. 2009 | 11. Soca y col. 2014 |
| 6. Kennedy y col. 2009 | 12. Abrahamse y col. 2009 |

Figura 2: Relación entre el tiempo de acceso a la pastura y el tiempo dedicado a actividades de pastoreo (adaptado de Chilibroste y col. 2015b).



En un experimento que evaluó el efecto de una mayor restricción del tiempo de acceso a la pastura y de cambiar la ubicación de una sesión corta de pastoreo sobre el comportamiento en pastoreo, el consumo de MS y la producción y composición de leche de vacas lecheras de parto de otoño en lactancia temprana, Mattiauda y col. (2013) manejaron animales con acceso a una pastura por 8 horas entre las 7:00 y las 15:00 h, por 4 horas entre las 7:00 y las 11:00 h o por 4 horas entre las 11:00 y las 15:00 h. La asignación por vaca fue de 18 kg MS/animal de una pastura compuesta por Festuca, Trébol blanco y Lotus corniculatus con una disponibilidad promedio al momento del ingreso al pastoreo de 1600 ± 160 kg MS/ha. Los animales fueron suplementados con 6,1 kg de concentrado y 5,2 kg de ensilaje de maíz (valores expresados en MS). En todos los tratamientos los animales consumieron la totalidad del suplemento ofrecido. Extender la sesión de pastoreo de 4 a 8 horas aumentó el consumo de pastura, la producción de leche y de proteína láctea (**Cuadro 2**). El cambio en la ubicación de la sesión corta de pastoreo no tuvo efectos en el consumo de pastura ni en la producción de leche, sin embargo los animales que accedieron más tarde, entre las 11:00 y las 15:00 h, produjeron más proteína láctea que los que ingresaron más temprano, entre las 7:00 y las 11:00 h. La tasa de depleción de la pastura fue significativamente más lenta para los animales que accedieron por 8 horas a la pastura y no se afectó por la ubicación de la sesión corta de pastoreo. Las vacas que accedieron a la pastura por 4 horas entre las 7:00 y las 11:00 h pastorearon por 36 minutos más, tuvieron mayor tiempo efectivo de pastoreo (95 vs. 80% del tiempo en la pastura dedicado al pastoreo) y realizaron más movimientos masticatorios que las que accedieron por 4 horas entre las 11:00 y las 15:00 h. Dado que el

consumo de MS de pastura no varió entre estos dos tratamientos se puede concluir que los animales que ingresaron más tarde, entre las 11:00 y las 15:00 h, tuvieron bocados más pesados y lograron mayores tasas de consumo lo que refleja un pastoreo más eficiente.

Más recientemente, Fajardo y col. (2015) evaluaron la combinación del uso de raciones totalmente mezcladas (RTM) con diferentes tiempos de acceso a la pastura sobre la respuesta productiva de vacas lecheras en inicio de lactancia. Durante los primeros 60 días de lactancia los animales se alimentaron únicamente con una dieta RTM o con una dieta RTM combinada con 6 h de acceso a una pastura en un único turno de pastoreo (6 h en la mañana) o combinada con 9 h de acceso a una pastura en dos turnos de pastoreo (6 h en la mañana y 3 h en la tarde). La pastura era una mezcla de Festuca, Trébol blanco y Lotus corniculatus con una disponibilidad promedio antes del ingreso al pastoreo de 1800 ± 173 kg MS/ha y que estaba 1,7 km de la sala de ordeño. Los animales con acceso a la pastura tenían una asignación, por encima de 4 cm del suelo, de 15 kg MS/animal/día. Las vacas con 9 h de acceso a la pastura pastorearon por 50 min más que los que accedieron por 6 h (281 vs. 231 ± 7,6 min), lograron un mayor consumo de pasto (7,5 vs. 5,5 ± 0,67 kg MS/animal/día) y similar consumo de RTM (14,5 vs. 14,2 ± 0,33 kg MS/animal/día). Sin embargo, no se encontró diferencia en producción de leche, grasa, proteína, lactosa y energía en leche, ni en la dinámica de condición corporal entre estos dos tratamientos. Los animales con 9 h de acceso a la pastura tuvieron una mayor utilización de AGNE en músculo debido a una mayor sensibilidad a la insulina en los tejidos periféricos que llevó a direccionar una mayor proporción de la energía a estos tejidos aten-

Cuadro 2: Efecto de la restricción del tiempo de acceso a la pastura (8 vs. 4 h) y de cambiar la ubicación de una sesión corta de pastoreo (7:00-11:00 vs 11:00-15:00 h) sobre el consumo de MS, la producción y composición de leche y el comportamiento en pastoreo, de vacas lecheras de parto de otoño en lactancia temprana. (adaptado de Mattiauda y col., 2013)

	8 h (7-15)	4 h (7-11)	4 h (11-15)	EEM	8 vs 4	7-11 vs. 11-15
Consumo (kg MS/vaca/día)						
Pastura	8,3	6,6	6,7	0,68	<0,05	0,90
Ensilaje de Maíz	4,7	4,3	4,7	0,22	0,68	0,19
Concentrado	6,1	6,1	6,1	--	--	--
Total	19,1	17,0	17,2	0,58	<0,05	0,80
Producción (kg/vaca/día)						
Leche	25,4	23,6	24,6	0,76	<0,05	0,19
Grasa	0,98	0,88	0,87	0,035	<0,05	0,69
Proteína	0,75	0,70	0,74	0,017	<0,05	<0,05
Lactosa	1,23	1,14	1,22	0,038	0,15	<0,05
Comportamiento en pastoreo						
Tiempo de pastoreo (min)	--	229	193	9,3	--	<0,05
Bocados (número)	--	11.874	9.715	925	--	<0,05
Peso de Bocado (mg MS)	--	594	709	24,2	--	0,05
Tasa de consumo de pasto (g MS/min)	--	28,8	36,0	2,79	--	0,10

tando contra la producción de leche (Astessiano y col., 2017). A su vez, los días a la primera ovulación fueron mayores (40 vs. 21 ± 5 días) y la probabilidad de encontrar vacas ciclando en el primer mes de lactancia fue menor (43 vs. 89 %) en el grupo con 9 h respecto al de 6 h de acceso a la pastura (Astessiano y col., 2015). Estos resultados ponen de manifiesto la incidencia de la caminata a la pastura (3,4 km/día más) y de la actividad de cosecha de forraje (50 min más de pastoreo) en los requerimientos de energía para mantenimiento de los animales ya que el mayor consumo (2 kg más de MS/animal/día) en el grupo con 9 h de acceso a la pastura no se vio reflejado en una mayor producción de leche, mostrando además este grupo un peor desempeño reproductivo en comparación al de 6 h de acceso a la pastura.

En resumen, en un sistema de producción de leche donde el pastoreo provee una proporción importante de la dieta, el control del proceso de pastoreo se torna un elemento esencial. Valiosa información se ha generado en nuestro país tendiente a dar respuesta del efecto de las principales variables de manejo del pastoreo sobre el consumo y el desempeño productivo y reproductivo de los animales. Así, el manejo de pasturas con buena disponibilidad y altura de la masa de forraje al momento del ingreso al pastoreo (>1500 kg MS/ha y 15-18 cm), con asignaciones de forraje no limitantes (>15 kg MS/animal/día, por encima de 4cm del suelo) permitirán una buena eficiencia de cosecha y promoverán altas tasas de consumo por parte de los animales. Cuando la cantidad de forraje en el sistema es limitante, priorizar sesiones cortas de pastoreo en la tarde determinarán un pastoreo eficiente con una mayor proporción del tiempo total en la pastura dedicado al pastoreo, logrando bocados más pesados y

mayores tasas de consumo. Para la inclusión de una segunda sesión corta de pastoreo se debería considerar la distancia a la pastura ya que los requerimientos de energía para mantenimiento de los animales aumentan debido a una mayor caminata y actividad de cosecha lo que podría determinar menores respuestas productivas y reproductivas a las esperadas.

En un sistema de producción de leche donde el pastoreo provee una proporción importante de la dieta, el control del proceso de pastoreo se torna un elemento esencial. Valiosa información se ha generado en nuestro país tendiente a dar respuesta del efecto de las principales variables de manejo del pastoreo sobre el consumo y el desempeño productivo y reproductivo de los animales. Así, el manejo de pasturas con buena disponibilidad y altura de la masa de forraje al momento del ingreso al pastoreo (>1500 kg MS/ha y 15-18 cm), con asignaciones de forraje no limitantes (>15 kg MS/animal/día, por encima de 4cm del suelo) permitirán una buena eficiencia de cosecha y promoverán altas tasas de consumo por parte de los animales. Cuando la cantidad de forraje en el sistema es limitante, priorizar sesiones cortas de pastoreo determinarán un pastoreo eficiente con una mayor proporción del tiempo total en la pastura dedicado al pastoreo, logrando bocados más pesados y mayores tasas de consumo.



Manejo de la alimentación con impacto en variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

Conceptos generales

El período de transición (30 días preparto a 30 días postparto) donde la vaca pasa del estado preñada no lactante a lactante no preñada, es un período de cambios drásticos para el animal el cual debe adaptarse a la fuerte exigencia que demanda la producción de leche (Grummer, 1995). Está bien establecido que durante la etapa final de la preñez y en la lactación temprana los animales con alto potencial de producción de leche atraviesan un periodo de balance energético negativo (BEN) debido a que los requerimientos del crecimiento final del feto y del inicio de la lactación no pueden ser cubiertos con la capacidad de consumo de los animales (Grummer, 1995). La duración e intensidad de este BEN afectan la magnitud de la respuesta productiva y tienen incidencia directa en el desempeño reproductivo de los ani-

males (Meikle y col., 2004; Meikle y col., 2013b). A nivel nacional, un estudio retrospectivo que estudió el efecto de la paridad (primíparas vs. multíparas) y de la condición corporal al parto (<3 vs. ≥3) sobre la severidad del BEN en inicio de lactancia, encontró que los animales primíparas presentaron un perfil endócrino/metabólico más desbalanceado que los multíparas, reflejando una mayor severidad del BEN en los primeros (Meikle y col., 2004). Probablemente el mayor requerimiento de energía para terminar su crecimiento, efectos de la dominancia social sobre el comportamiento ingestivo de los animales (Ungerfeld y col., 2014), así como restricciones para cubrir sus requerimientos en condiciones de pastoreo (Chilibroste y col., 2012) estén determinando esta respuesta en las vaquillonas. Del equilibrio con que los anima-



El período de transición (30 días preparto a 30 días postparto) donde la vaca pasa del estado preñada no lactante a lactante no preñada, es un período de cambios drásticos para el animal el cual debe adaptarse a la fuerte exigencia que demanda la producción de leche. Del equilibrio con que los animales resuelvan el proceso de adaptación al inicio de la lactancia dependerá la capacidad de maximizar la producción de leche, evitar enfermedades metabólicas y asegurar la siguiente preñez

les resuelvan el proceso de adaptación al inicio de la lactancia dependerá la capacidad de maximizar la producción de leche, evitar enfermedades metabólicas y asegurar la siguiente preñez.

Sumados y/o integrados a los trabajos presentados en el apartado anterior, se han realizado en Uruguay varios estudios con el fin de evaluar cómo la condición corporal de los animales próximo al parto (Meikle y col., 2004; Adrien y col., 2012; Artegoitia y col., 2013) o

distintas estrategias de alimentación aplicadas pre (Cavestany y col., 2009a; Cavestany y col., 2009b; Mendoza y col., 2011a) o postparto (Mendoza y col., 2008; Mendoza y col., 2011a y b; Crespi y col., 2013; Pomiés, 2014; Fajardo y col., 2015; Astessiano y col., 2015; Pastorini y col., 2015a y b; Mendoza y col., 2016a y b) repercuten en la adaptación de los animales en el inicio de lactancia y en su desempeño productivo y reproductivo.



La condición corporal al parto y su evolución en el postparto temprano tienen incidencia en el desempeño de los animales, siendo este efecto más patente en vaquillonas que en vacas.

Impacto de la paridad y la condición corporal al parto sobre variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

Trabajos nacionales que estudiaron el efecto de la paridad y la condición corporal sobre parámetros productivos, reproductivos y endócrino/metabólicos en inicio de lactancia, reportan que la condición corporal al parto y su evolución en el postparto temprano tienen incidencia en el desempeño de los animales, siendo este efecto más patente en vaquillonas que en vacas (Meikle y col., 2004; Adrien y col., 2012). La mayor disponibilidad de reservas corporales al parto se asoció con una mayor producción de leche corregida por grasa (Artegoitia y col., 2013; Meikle y col., 2013b). Las se-

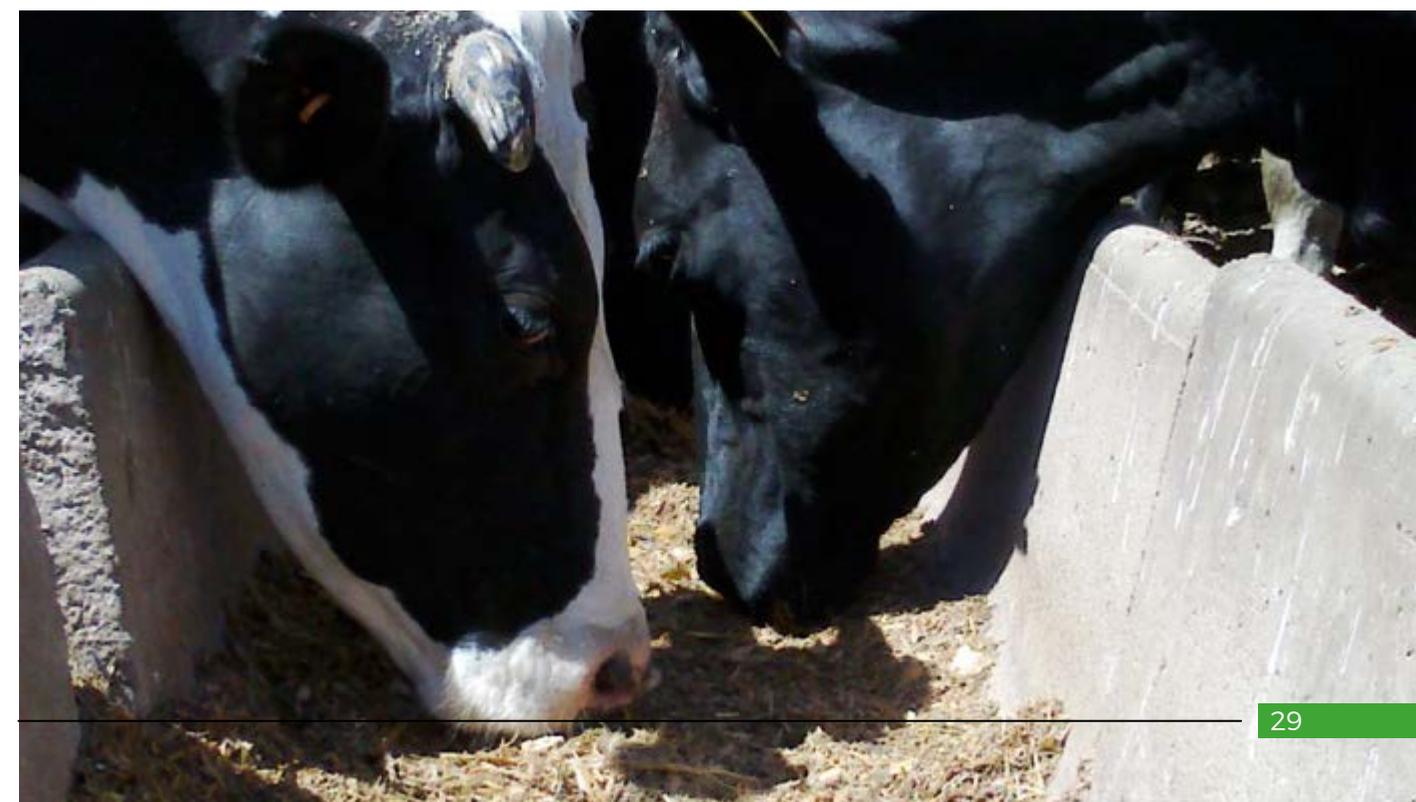
ñales endócrinas más fuertes que informan al eje reproductivo del balance energético son la insulina e IGF-1 ya que actúan como promotores del crecimiento folicular determinando así la primera ovulación postparto (Meikle y col., 2004; Meikle y col., 2013b). Así, una mayor condición corporal al parto ($CC \geq 3$) se asocia con una mayor concentración de IGF-1 en plasma y con anestros más cortos tanto en vacas (Adrien y col., 2012) como en vaquillonas (Meikle y col., 2004; Adrien y col., 2012).

El intervalo parto-primer ovulación, intervalo parto-primer servicio y parto-concepción es menor en vacas que en vaquillonas y en animales con condición corporal ≥ 3 respecto a animales con condición corporal < 3 al parto. A su vez, la duración del anestro postparto se asocia, entre otros factores, a la pérdida de condición corporal en el inicio de la lactancia y en nuestras condiciones de manejo es mayor en los animales primíparos que en los múltiparos (Meikle y col., 2004; Adrien y col., 2012).

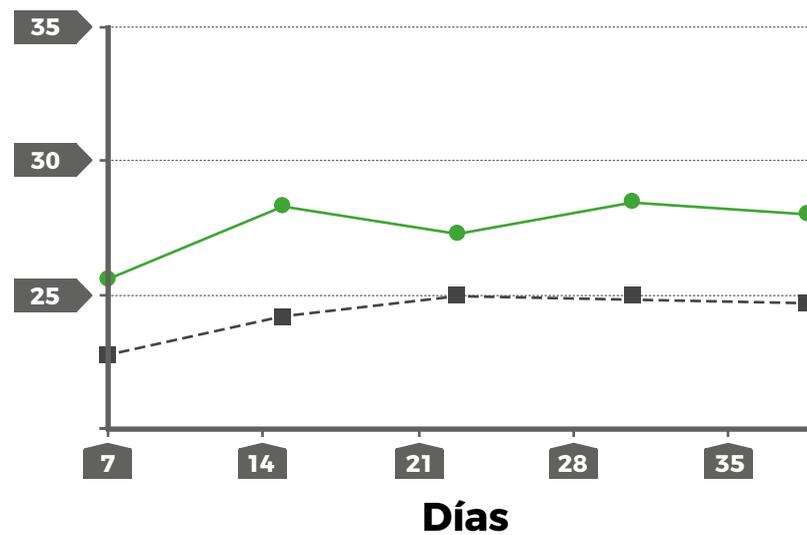
Impacto de la alimentación preparto sobre variables productivas, reproductivas y endócrino/metabólicas de vacas lecheras en producción

Con la hipótesis de que el nivel y tipo de suplementación durante el preparto podría afectar el desempeño productivo y reproductivo de los animales en el inicio de lactancia se desarrollaron en nuestro país una serie de experimentos (Cavestany y col., 2009a; Cavestany y col., 2009b, Mendoza y col., 2011a). En un primer trabajo se evaluó el efecto de la suplementación con grano de maíz quebrado durante el preparto, sobre la producción y composición de leche, la condición corporal, el perfil endócrino/metabólico y el largo de anestro postparto de vacas Holando múltiparas en baja condición corporal a los 21 días preparto ($2,53 \pm 0,1$) (Cavestany y col., 2009a). La dieta base preparto

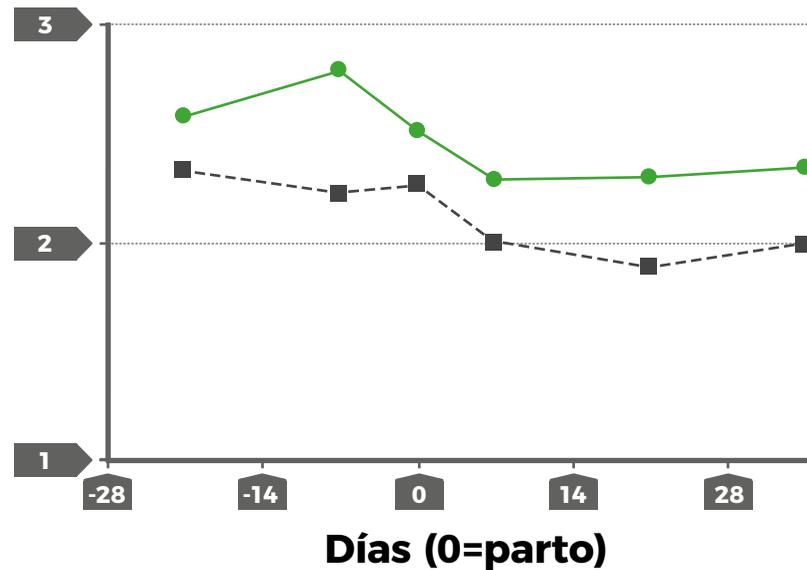
estuvo constituida por campo natural (11,8% PB, 58,2% FDN y 34,7% FDA) y heno (12,4% PB, 60,1% FDN y 47,2% FDA) ofrecidos a voluntad. A los animales suplementados se les suministró 3,5 kg de grano de maíz quebrado por día durante las 3 semanas previas al parto. En el postparto todos los animales fueron manejados en conjunto teniendo acceso a una misma dieta. Las vacas suplementadas en el preparto mejoraron su condición corporal (0,25 puntos) entre el día 28 y 14 previo al parto, tuvieron una mayor condición corporal y mayores niveles plasmáticos de insulina, IGF-1 y leptina durante el período preparto reflejando un mejor estatus endócrino/metabólico que los animales no suplementados (**Figura 3**). A su vez, las vacas suplementadas en preparto continuaron con mejor condición corporal en el postparto, produjeron mayor cantidad de leche con similar contenido de sólidos y tuvieron un intervalo parto-primer ovulación 12 días menor que las no suplementadas (25,0 vs. $37,4 \pm 3,7$ días, respectivamente).



Producción de Leche (L)



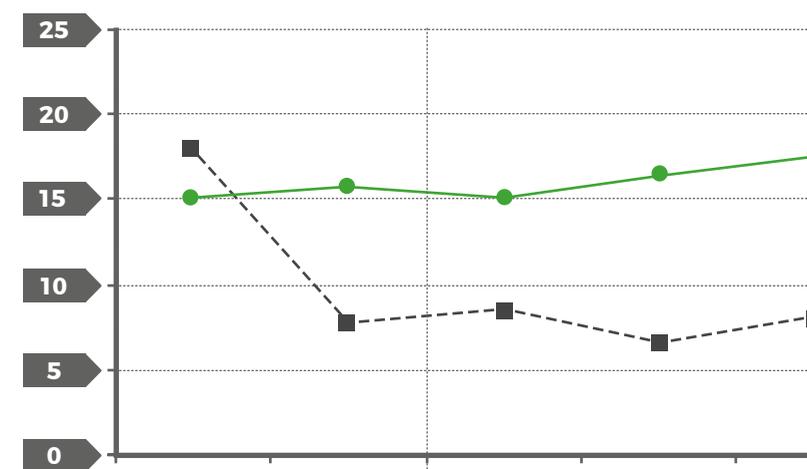
Condición Corporal



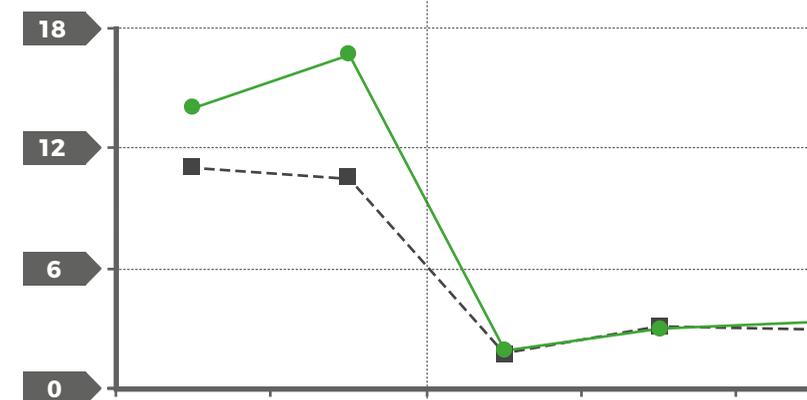
● Suplementado
 ■ Control

Figura 3: Efecto de la suplementación con grano de maíz quebrado a vacas durante el preparto sobre la evolución de la producción de leche, condición corporal y niveles de plasmáticos de insulina, IGF-1 y leptina (adaptado de Cavestany y col. 2009a).

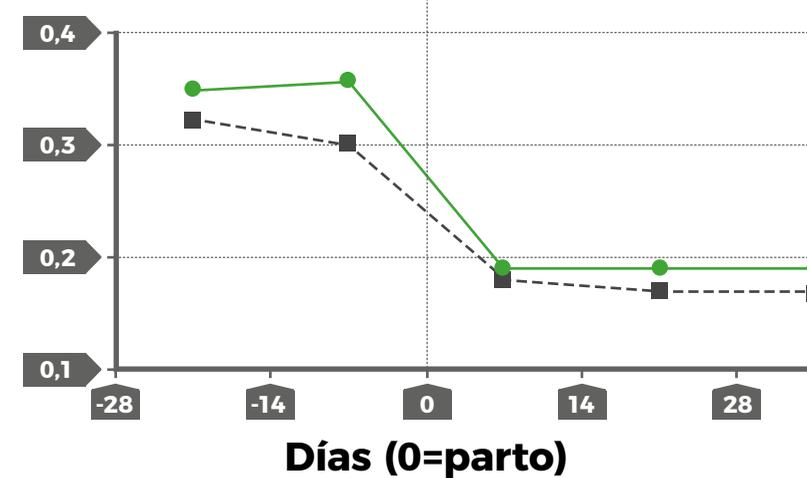
Insulina (pmol/L)



IGF-1 (nmol/L)



Leptina (nmol/L)



En un segundo trabajo se evaluó el efecto del nivel de alimentación en preparto sobre la producción y composición de leche, la condición corporal, el perfil endócrino/metabólico y el largo de anestro postparto de vacas y vaquillonas Holando (Cavestany y col., 2009b). Al inicio del experimento (21 días preparto) las vacas y vaquillonas presentaron baja condición corporal ($2,53 \pm 0,06$ y $2,85 \pm 0,07$, respectivamente). Durante las 3 semanas previas al parto los animales se manejaron en campo natural (10,4% PB y 1,34 Mcal ENL/kg MS) y dentro de cada categoría (primíparas o multíparas) se asignaron a dos niveles de suplementación. Los animales de baja suplementación recibieron como único suplemento 5,2 kg (MS) de ensilaje de trigo planta entera (9,0% PB y 1,29 Mcal ENL/kg MS) y los animales de alta suplementación recibieron 3,6 kg (MS) de afrechillo de trigo (16,4% PB y 1,69 Mcal ENL/kg MS), 0,012 kg de urea y 4,7 kg (MS) de ensilaje de maíz planta entera (6,0% PB y 1,46 Mcal ENL/kg MS). Luego del parto, dentro de cada categoría, ambos grupos fueron manejados en conjunto teniendo acceso a una misma dieta. En ambas categorías, el incremento en el nivel de suplementación determinó un mayor consumo total de MS durante el preparto ($13,2$ vs. $8,7 \pm 0,57$ kg MS/animal/día alto y bajo respectivamente) pero no tuvo efecto en el nivel de consumo postparto. El tratamiento preparto determinó que al momento del parto y durante el postparto los animales con mayor nivel de suplementación tuvieron mejor condición corporal que los animales con menor nivel de suplementación preparto. Sólo las vacas que tuvieron alto nivel de suplementación preparto lograron mantener la condición corporal durante todo el período experimental. El tratamiento preparto no afectó el nivel de producción de leche, aunque las vaquillonas tuvieron menor producción que las vacas ($20,4 \pm 0,5$ y $24,2 \pm 0,5$ L/animal/día). El

Un mayor nivel de suplementación en animales preparto con baja condición corporal permitirá acortar el anestro postparto de los animales en el inicio de lactancia. Sin embargo, la respuesta a nivel productivo y reproductivo estará condicionada a efectos del tratamiento sobre la condición corporal y el estatus endocrino/metabólico durante el pre y postparto de los animales.

porcentaje de proteína en leche no varió ($3,01 \pm 0,05$ % para todos los animales) y el de grasa aumentó ($3,89 \pm 0,01$ vs. $4,16 \pm 0,04$ %) con el incremento en el nivel de suplementación preparto. El nivel de AGNE (reflejo de la lipomobilización) aumentó durante el preparto en los animales de baja suplementación pero no en los de alta. A su vez, en el postparto el nivel de AGNE fue mayor en los animales que recibieron menor nivel de suplementación durante el preparto. El manejo de la alimentación preparto afectó el intervalo parto-primera ovulación en las multíparas pero no en las primíparas. Las vacas con alto nivel de suplementación en el preparto ovularon antes que las de bajo nivel de suplementación ($22,9$ vs. $38,2 \pm 4,6$ días) asociado a mayores niveles de IGF-1 en el plasma de las vacas con mayor nivel de suplementación. En este experimento aunque la alta suplementación determinó una menor pérdida de condición corporal alrededor del parto, las vaquillonas de ambos tratamientos parieron con una condición corporal < 3 , lo que sugiere que el tratamiento no permitió mantener un adecuado nivel de reservas para promover una rápida recuperación del BEN y explicaría la falta de efecto del tratamiento sobre la duración del anestro postparto en esta categoría. Según



los autores dado que la demanda de energía es mayor en animales primíparas que en multíparas, para promover una rápida recuperación de la actividad ovárica posparto en vaquillonas sería necesaria la combinación de altos niveles de suplementación en pre y postparto.

En otro trabajo donde se evaluó el efecto de la incorporación de una fuente de ácidos grasos poliinsaturados (aceite de pescado) en la dieta de vaquillonas Holando durante 3 semanas antes del parto o luego del mismo, o en ambos períodos, Mendoza y col. (2011a) reportaron una menor producción de leche corregida por grasa en los tratamientos que fueron suplementados durante el posparto, lo que estuvo asociado al menor contenido de grasa láctea observado en

dichos animales, pero no a cambios en el nivel de producción de leche. No se detectaron cambios significativos en el perfil endócrino/metabólico ni en la duración del anestro postparto de los animales, y estos resultados se asociaron a que no hubo efecto de los tratamientos sobre el consumo y la condición corporal de los animales durante el preparto y la lactancia temprana.

Del análisis en conjunto de estos 3 experimentos se desprende que un mayor nivel de suplementación en animales preparto con baja condición corporal permitiría acortar el anestro postparto de los animales en el inicio de lactancia. Sin embargo, la respuesta a nivel productivo y reproductivo estaría condicionada a efectos del tratamiento sobre la condición

corporal y el estatus endocrino/metabólico durante el pre y postparto de los animales. Como se mencionó anteriormente, las señales endócrinas más fuertes que informan al eje reproductivo del balance energético son la insulina e IGF-1 ya que actúan como promotores del crecimiento folicular determinando así la primera ovulación postparto (Meikle y col., 2004; Meikle y col., 2013b). Así, aquellos animales que logran ovular antes llegan al parto con mejor condición corporal y tienen mayores niveles circulantes de insulina e IGF-1. El manejo de las vacas próximas es un período clave que determina el éxito de la transición de la vaca lechera, su potencial productivo durante la lactancia temprana y su desempeño reproductivo. Cabe señalar que no hemos encontrado reportes nacionales respecto del manejo durante este período y su impacto en la salud animal.

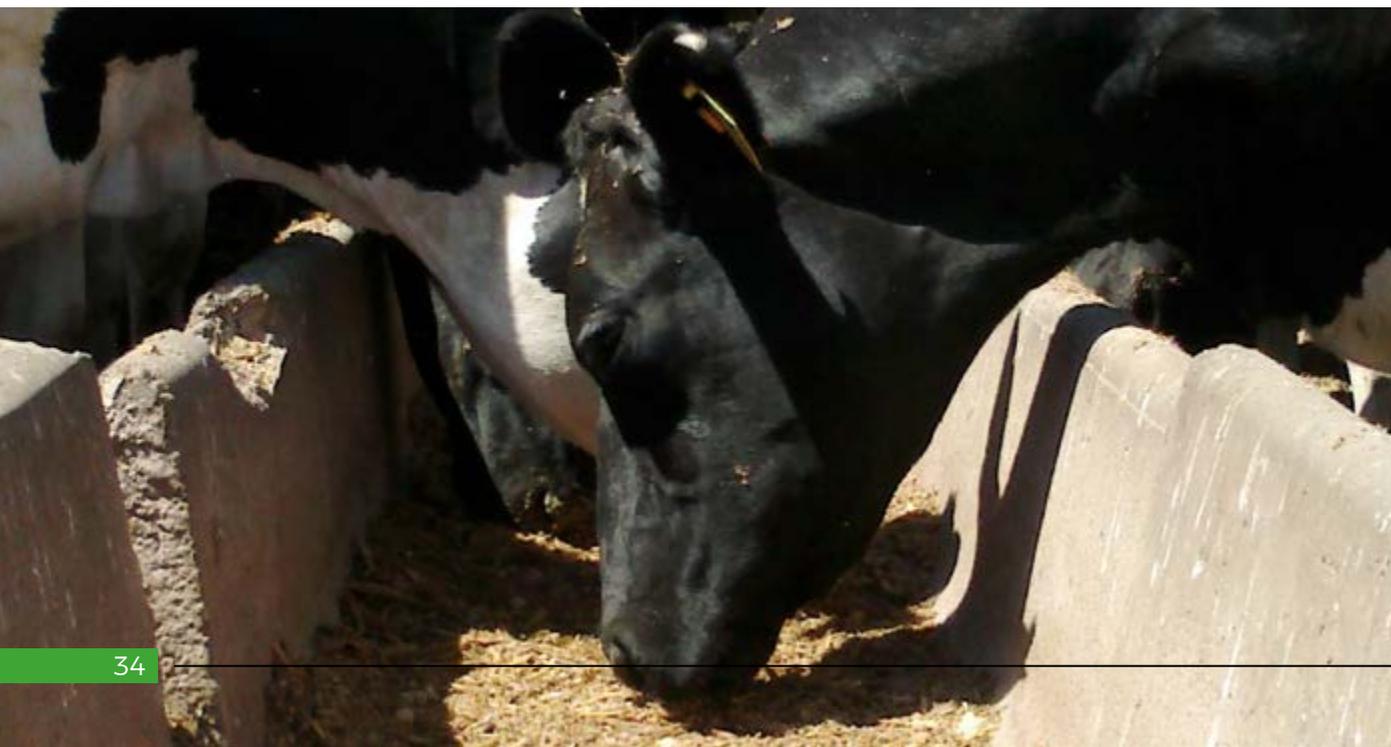
Impacto del sistema de alimentación sobre variables productivas, reproductivas, endócrino/metabólicas y la calidad del producto de vacas lecheras en producción

Además de la condición corporal con que paren los animales y la estrategias de alimentación durante el parto, el nivel y tipo de alimentación en el postparto temprano tiene efecto directo en el estatus endocrino/metabólico, en el nivel de producción y en la eficiencia reproductiva de vacas lecheras en pastoreo (Cajarville y col., 2012b; Chilibroste y col., 2012; Meikle y col., 2013a; Pomiés, 2014; Pastorini y col., 2015a y b; Fajardo y col., 2015; Astessiano y col., 2015; Mendoza y col., 2016a y b; Astessiano y col., 2017). Los efectos de la estrategia de manejo del pastoreo en el estatus endocrino/metabólico, en el desempeño productivo y reproductivo de animales en inicio de lactancia han sido revisados en el apartado anterior. Como se mencionó anteriormente, la mayor limitan-

te que presentan los sistemas pastoriles es la dificultad de asegurar una oferta constante de alimento en cantidad y calidad a lo largo del año (Chilibroste y col., 2002; Chilibroste y col., 2011; Cajarville y col. 2012b). A su vez, bajo condiciones de pastoreo el consumo total de MS y la ingesta de nutrientes es menor que cuando los animales son alimentados en sistemas confinados con raciones totalmente mezcladas (RTM), con lo cual el potencial de producción de leche no se explota totalmente (Kolver y Muller, 1998; Cajarville y col., 2012b). Esto ha llevado a que en los últimos años el uso de estrategias de alimentación que combinan el uso de pasturas con el aporte de RTM sea cada vez más frecuente en nuestro país. Según Cajarville y col. (2012b), la implementación de sistemas mixtos de alimentación en base al uso de RTM y pastoreo podrían contribuir a levantar algunas limitantes de nuestros sistemas de producción, manteniendo la base pastoril característica del Uruguay. A su vez, estos sistemas de alimentación contribuirían a la producción de leche con un perfil de ácidos grasos más benéficos para la salud humana lo que constituye una ventaja comparativa respecto a los sistemas de alimentación basados únicamente en RTM (Cajarville y col., 2012b; Pastorini y col., 2015b; Barca y col., 2017; Mendoza y col., 2016a). Varios trabajos realizados a nivel nacional han incursionado en esta temática con el fin de explorar la potencialidad del uso de sistemas de alimentación que combinen pasturas con RTM (Meikle y col., 2013a; Pomiés, 2014; Fajardo y col., 2015; Astessiano y col., 2015; Pastorini y col., 2015a y b; Barca y col., 2017; Mendoza y col., 2016a y b; Astessiano y col., 2017). Estos estudios demuestran que hay combinaciones de pasturas y RTM donde el potencial de producción de leche de los animales es similar al de aquellos consumiendo únicamente RTM, teniendo enormes

ventajas comparativas desde un punto de vista económico, de bienestar animal y de características del producto final.

Meikle y col. (2013a) evaluaron el perfil endocrino/metabólico y su relación con la evolución de la condición corporal, la producción de leche y los días a la primera ovulación de vaquillonas alimentadas únicamente con una RTM o con una combinación de RTM y pastura durante los primeros 60 días de lactancia. La RTM se suministró en comederos de madera en condiciones de encierro a cielo abierto. En los tratamientos donde se combinó RTM y pastura, la RTM se suministró con el fin de cubrir los requerimientos necesarios para mantenimiento y producción de 10 L de leche/día y la pastura se manejó según distintos niveles de asignación por animal: alto (30 kg MS/animal/día), medio (15 kg MS/animal/día) o bajo (7,5 kg MS/animal/día). La producción de leche de los animales alimentados únicamente con RTM fue 5, 10 y 33% mayor que la de los animales manejados con RTM y alta, media o baja asignación de forraje (25,4 vs. 24,1; 23,0 y 19,1 ± 0,4 L/día, respectivamente). Es importante destacar que los animales manejados con RTM y alta asignación de forraje (30 kg MS/animal) tuvieron similar producción de leche, dinámica de condición corporal y estatus metabólico que los animales mantenidos en condiciones de encierro a cielo abierto y alimentados únicamente con RTM (**Figura 4**). Sin embargo el bajar la asignación de forraje a 15 o 7,5 kg MS/animal afectó más severamente la respuesta productiva y/o endócrino/metabólica resultando en mayor movilización de reservas corporales y un retraso en los días a la primera ovulación respecto a los animales alimentados únicamente con RTM.



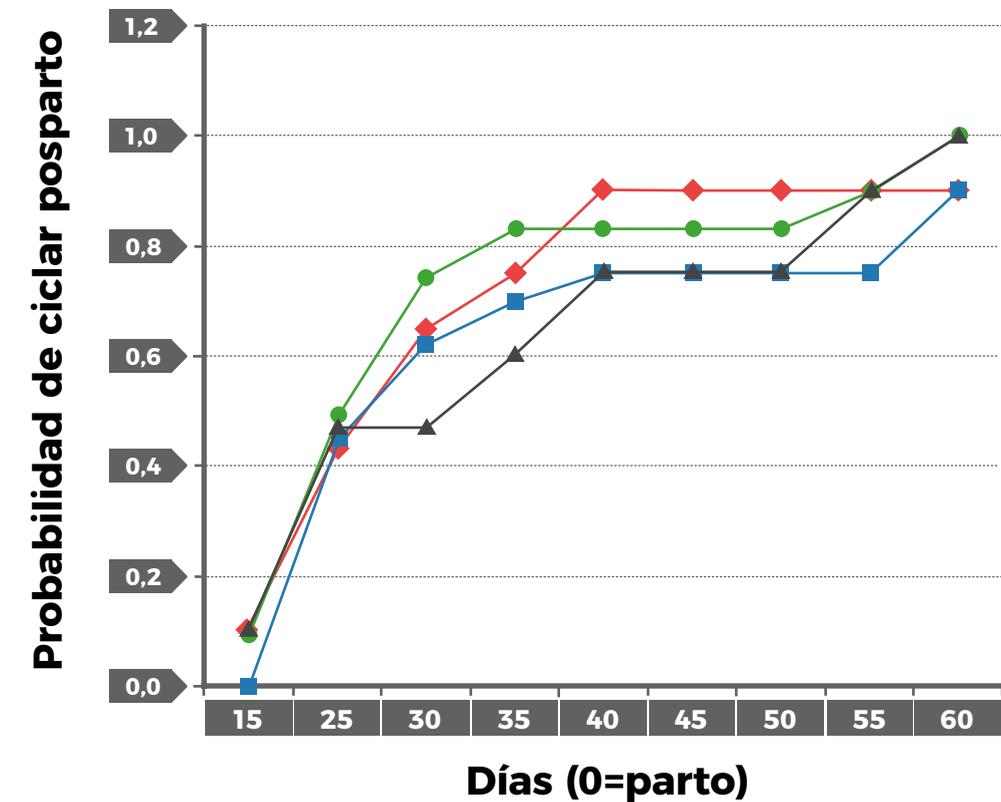
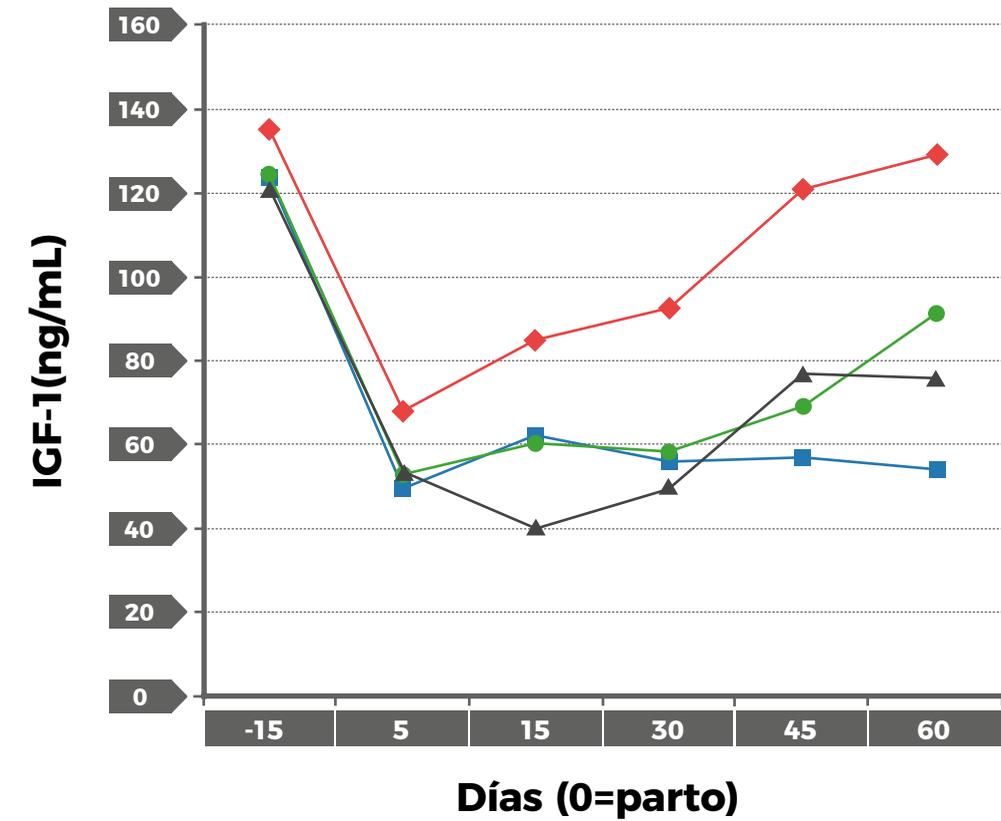
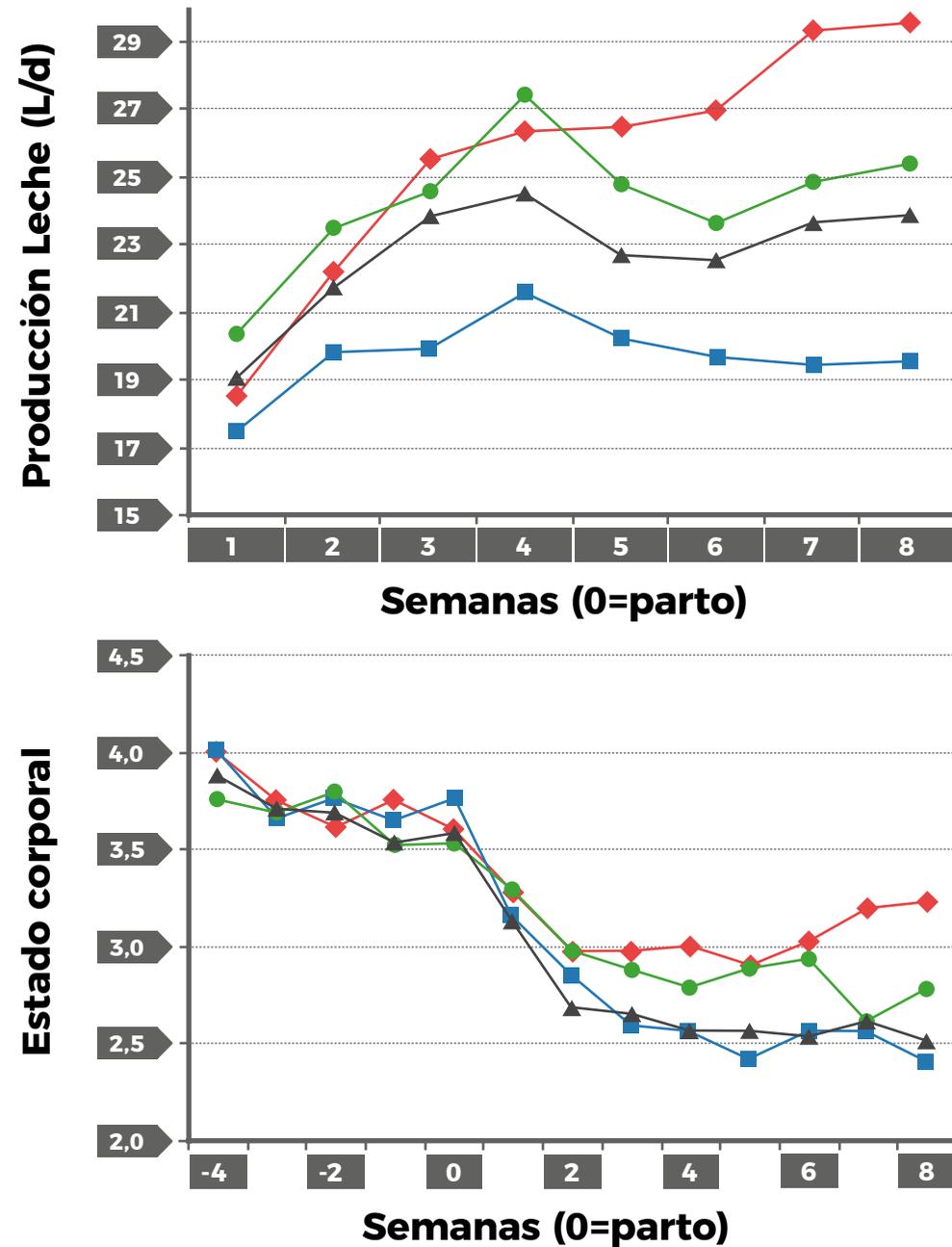


Figura 4: Evolución de la producción de leche, la condición corporal, la concentración plasmática de IGF-1 y la probabilidad de ciclar en vaquillonas alimentadas únicamente con una ración totalmente mezclada (RTM) o con una combinación de RTM y distintos niveles de asignación de pastura por animal: alto (HA; 30 kg MS/animal/día), medio (MA; 15 kg MS/animal/día) o bajo (LA; 7,5 kg MS/animal/día), (adaptado de Meikle y col. 2013).

En la misma línea Fajardo y col. (2015) evaluaron la combinación del uso de RTM con diferentes tiempos de acceso a una pastura, sobre la respuesta productiva de vacas lecheras en inicio de lactancia. Durante los primeros 60 días de lactancia los animales se alimentaron únicamente con RTM o con RTM combinada con 6 h de acceso a una pastura en un único turno de pastoreo (6 h en la mañana) o combinada con 9 h de acceso a una pastura en dos turnos de pastoreo (6 h en la mañana y 3 h en la tarde). Los animales con 6 h o 9 h acceso a la pastura produjeron un 90% de la leche y proteína producida por los animales alimentados únicamente con RTM (33,7 y 33,9 vs. 37,2 ± 0,92 L de leche/animal/día y 1,1 y 1,1 vs. 1,3 ± 0,04 kg de proteína/animal/día; RTM + 6 h o 9 h de acceso a la pastura y únicamente RTM, respectivamente). La producción de grasa láctea no varió entre tratamientos (1,3 ± 0,04 kg de grasa/animal/día), sin embargo la inclusión de pastura en la dieta determinó cambios en el perfil de ácidos grasos en la leche que la hicieron más benéfica para la salud humana. La concentración de ácido vaccénico, ácido linoléico y la relación omega3/omega6 aumentó y la concentración de ácido linoleico disminuyó con la inclusión de la pastura en la dieta (Barca y col., 2017). El consumo total de MS fue menor en los grupos que incluyeron pastura en la dieta (20,0 y 21,8 vs. 26,1 kgMS/día; RTM + 6 h o 9 h de acceso a la pastura y únicamente RTM, respectivamente) representando el forraje cosechado directamente el 27,5 y 34,5% del alimento total consumido por los animales con 6 h o 9 h de acceso a la pastura respectivamente. En concordancia con el relativo mayor impacto de la inclusión de pasturas sobre el consumo que sobre la producción, los animales con acceso a la pastura tuvieron un menor balance energético que los animales consumiendo RTM como único alimento. Ésto se vió reflejado en

un aumento de los niveles de AGNE en los animales con 6 h de acceso a la pastura y de beta-hidroxibutirato en ambos grupos con acceso al pastoreo (Astessiano y col., 2015). Los animales con 6 h de acceso a la pastura en una única sesión tuvieron similar dinámica de la condición corporal, los mismos niveles de insulina e IGF-1 y la misma probabilidad de ciclar en el primer mes de lactancia que los animales alimentados únicamente con RTM. Sin embargo el acceso a la pastura por 9 h en dos sesiones de pastoreo determinó una menor condición corporal, un mayor direccionamiento de la energía consumida hacia los tejidos periféricos y un retraso en la primera ovulación respecto a los animales alimentados únicamente con RTM o con la combinación de RTM y 6 h de acceso a la pastura en una única sesión de pastoreo (Astessiano y col., 2015 y 2017). Así según estos autores la mayor demanda de energía asociada a una mayor caminata y actividad de pastoreo podrían implicar un mayor estrés metabólico que impactaría negativamente en la función reproductiva.

Más recientemente otros trabajos evaluaron los efectos de variar el tiempo de acceso (Mendoza y col., 2016a y b) o la proporción en la dieta (Pomiés, 2014, Pastorini y col., 2015a y b) de una pastura ofrecida cortada fresca, sobre el consumo, la digestión y utilización de nutrientes, la producción y la composición de la leche de vacas Holando consumiendo una RTM. En un primer trabajo, los animales fueron alimentados con una RTM (35,8% MS, 16,1% PB, 40,3% FDN y 22,9% FDA) teniendo acceso durante 0, 4 u 8 h al día a un raigrás anual fresco ofrecido cortado (15,3% MS, 17,1% PB, 47,1% FDN y 26,5% FDA). Tanto la RTM como la pastura se ofrecieron a voluntad y por separado en comederos individuales (Mendoza y col., 2016a y b). El consumo total de MO no difirió entre los

animales consumiendo RTM como único alimento (0 h de acceso al forraje cortado) y los animales con 4 h de acceso al forraje cortado, sin embargo extender el tiempo de acceso al forraje cortado hasta 8 h determinó una caída en el consumo total de alimento (22,9, 23,8 y 20,9 ± 1,52 kg MO/animal/día, 0, 4 u 8 h de acceso a pastura ofrecida cortada fresca). El aumento del tiempo de acceso al forraje fresco determinó un mayor consumo de pasto (2,8 vs. 3,6 kg MS/animal/día, 4 y 8 h de acceso, respectivamente), representando el forraje fresco sólo un 10,9 y 16,4 ± 1,54% de la MS total consumida por los animales con 4 u 8 h de acceso a la pastura cortada, respectivamente (Mendoza y col., 2016a). No se detectaron diferencias para el flujo de nitrógeno microbiano al duodeno, la digestibilidad aparente de los nutrientes y la eficiencia de utilización aparente del nitrógeno y de la energía para la producción de leche

entre los distintos tratamientos (Mendoza y col., 2016b). Al igual que lo sucedido a nivel de consumo de MO, la producción de leche, grasa, proteína y caseína no difirió entre los animales consumiendo RTM como único alimento y los animales con 4 h de acceso a la pastura, sin embargo extender el tiempo de acceso al forraje cortado hasta 8 h determinó una caída tanto en la producción de leche (34,4 y 34,9 vs. 32,7 L/animal/día, 0, 4 u 8 h de acceso a pastura ofrecida cortada fresca, respectivamente) como de sólidos. A pesar que la pastura representó sólo el 16,4% del alimento total consumido en los animales con 8 h de acceso al forraje fresco, estos animales produjeron leche con un perfil de ácidos grasos más saludable (mayores niveles de ácido ruménico, vaccénico y ácido linoleico conjugado -CLA-) y con un menor índice aterogénico (Mendoza y col., 2016a).



En un segundo trabajo, los animales fueron alimentados con diferentes combinaciones de una RTM y raigrás anual cortado fresco según 3 tratamientos: 100% de la dieta RTM, 70% RTM y 30% raigrás y 50%RTM y 50% raigrás. En los tratamientos que incluyeron pastura, la RTM no se ofreció a los animales hasta que éstos hubieran consumido la totalidad del forraje fresco asignado al tratamiento. Tanto la RTM (38,1% MS, 18,0% PB, 41,1% FDN y 24,6% FDA) como el raigrás (17,5% MS, 15,1% PB, 40,8% FDN y 24,1% FDA) se ofrecieron por separado en comederos individuales (Pomiés, 2014, Pastorini y col., 2015a y b). El consumo total de MO no difirió entre las vacas consumiendo RTM como único alimento y las vacas que consumieron un 30% de pastura en la dieta, sin embargo la inclusión de un 50% de raigrás en la dieta determinó una caída en el consumo total de alimento (23,0, 22,4 y 20,4 ± 0,78 kg MO/animal/día, 0%, 30%, y 50% de raigrás cortado en la dieta). Al igual que lo reportado por Mendoza y col. (2016b) no se detectaron diferencias para la digestibilidad aparente de los nutrientes y la eficiencia de utilización aparente de la MS para la producción de leche entre los distintos tratamientos (Pomiés, 2014; Pastorini y col. 2015a). En concordancia con los efectos a nivel de consumo de MO, la producción de leche, grasa y proteína no difirió entre los animales consumiendo RTM como único alimento y los animales que consumieron pastura hasta un 30% de su dieta total, sin embargo cuando la pastura representó un 50% del consumo total se registró una caída tanto en la producción de leche (31,0 y 30,0 vs. 27,9 ± 1,02 L/día, 0%, 30% y 50% de pastura en la dieta total, respectivamente) como de sólidos. Si bien los animales consumiendo un 50% de pastura en su dieta presentaron un menor nivel de producción, estos animales produjeron leche con un perfil

de ácidos grasos más saludable (mayores niveles de ácido ruménico, vaccénico y CLA) y con un menor índice aterogénico que los animales alimentados únicamente con RTM (Pastorini y col., 2015b).

Del análisis en conjunto de estos trabajos se desprende que es posible combinar RTM con pasturas y tener resultados productivos similares a los de animales alimentados únicamente con RTM (**Cuadro 3**). Los efectos sobre el estatus endócrino/metabólico, la producción y la reproducción cuando se incluyen pasturas de alta calidad en dietas de animales consumiendo RTM es resultado de efectos sobre el consumo y la demanda de energía asociada a una mayor caminata y actividad de pastoreo y no de efectos sobre la digestión o utilización de los nutrientes por parte del animal. Así, bajar la asignación de forraje, el tiempo de acceso a la pastura o aumentar la distancia de traslado al pastoreo pueden condicionar la respuesta de los animales. A su vez, los sistemas de alimentación que combinan RTM y pasturas contribuyen a la producción de un producto diferenciado con un perfil de ácidos grasos más benéficos para la salud humana lo que constituye una ventaja comparativa respecto a los sistemas de alimentación basados únicamente en RTM con potencial de ser explotado a nivel comercial.

Cuadro 3: Impacto sobre el consumo, producción y composición de leche de sistemas de alimentación que combinan el suministro de raciones totalmente mezcladas (RTM) y pasturas.

Referencia	Tratamiento	Prop. pastura en Dieta	Consumo (kg MS/día)		Leche (kg/día)	Composición Leche (%)		
			RTM	Pastura		Grasa	Proteína	Lactosa
Fajardo y col. (2015) ¹	RTM	0	26,1 ^a	0 ^c	37,2 ^a	3,70 ^b	3,30	4,90 ^b
	RTM + 6h en Pastura	0,28	14,5 ^b	5,5 ^b	33,7 ^b	3,90 ^{ab}	3,50	4,90 ^{ab}
	RTM + 9h en Pastura	0,35	14,3 ^b	7,5 ^a	33,9 ^b	3,90 ^a	3,40	5,00 ^a
Mendoza y col. (2016a y b) ²	RTM	0 ^c	24,5 ^a	0 ^c	34,4 ^a	4,10	3,32	4,95
	RTM + 4h Pastura	0,11 ^b	22,8 ^a	2,8 ^b	34,9 ^a	3,95	3,35	4,93
	RTM + 8h Pastura	0,16 ^a	19,0 ^b	3,6 ^a	32,7 ^b	3,99	3,25	4,95
Pomiés (2014) y Pastorini y col. (2015a y b) ³	RTM	0	24,8 ^a	0 ^c	31,0 ^a	4,11	3,37	4,75 ^{ab}
	RTM + 30% Pastura	0,29	17,6 ^b	7,0 ^b	30,0 ^a	4,14	3,40	4,78 ^a
	RTM + 50% Pastura	0,47	12,1 ^c	10,7 ^a	27,9 ^b	4,06	3,39	4,74 ^b

* dentro de un mismo experimento, diferentes letras en la misma columna P<0.05.

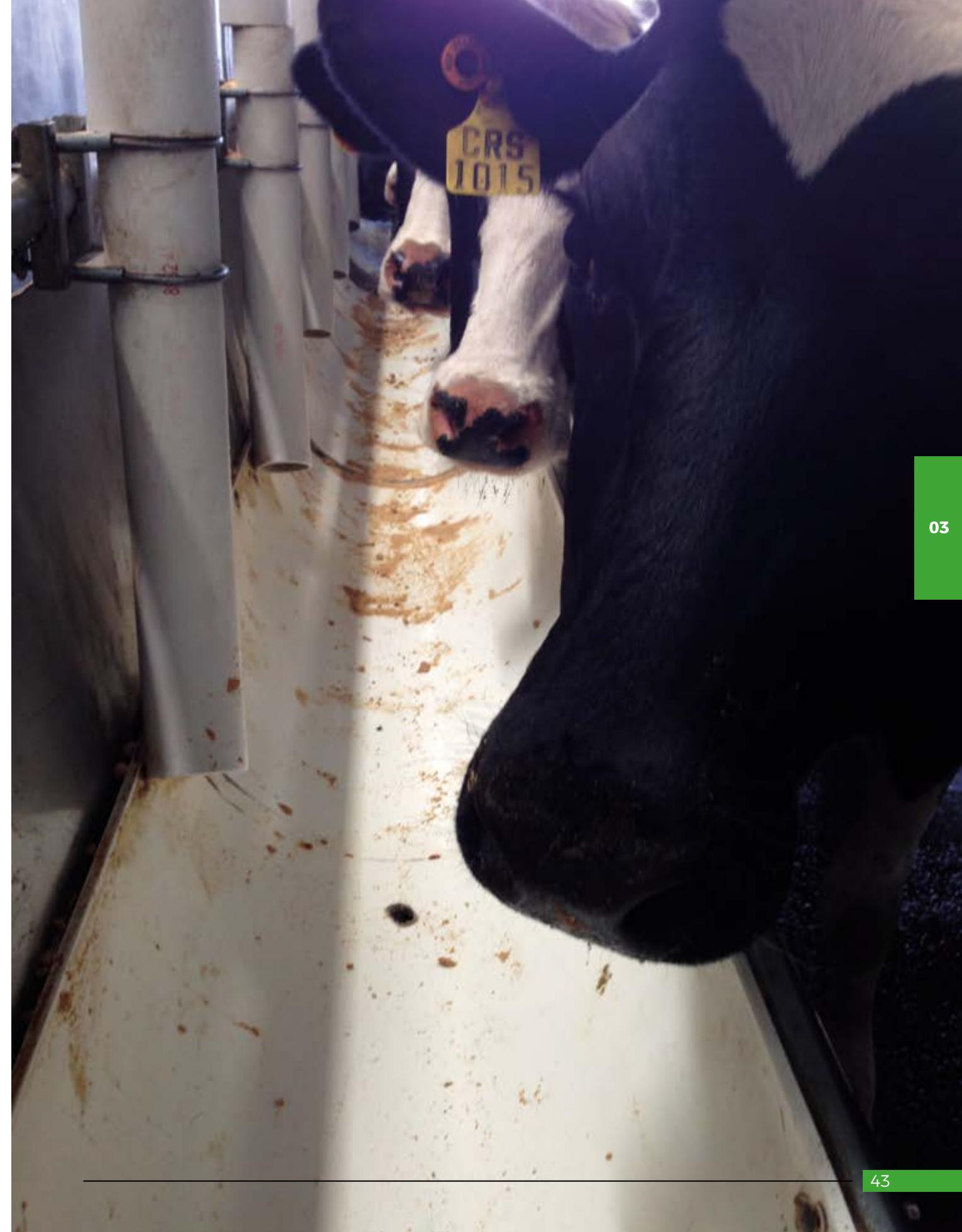
1: RTM= Acceso únicamente a RTM, RTM + 6h en Pastura= acceso a RTM (50% de lo ofrecido al tratamiento RTM) y pastura durante 6 h al día en un único pastoreo, RTM + 9h en Pastura= acceso a RTM (50% de lo ofrecido al tratamiento RTM) y pastura durante 9 h al día en dos sesiones de pastoreo.

2: RTM= Acceso únicamente a RTM, RTM + 4h Pastura= acceso a RTM durante 20 h y a raigrás anual ofrecido cortado durante 4 h al día, RTM + 8h= acceso a RTM durante 16 h y a raigrás anual ofrecido cortado durante 8 h al día.

3: RTM= Acceso únicamente a RTM, RTM + 30% Pastura= Acceso a RTM (70% del consumo potencial) y a raigrás anual ofrecido cortado (30% del consumo potencial), RTM + 50% Pastura= Acceso a RTM (50% del consumo potencial) y a raigrás anual ofrecido cortado (50% del consumo potencial).

Los trabajos previamente citados han sido realizados con RTM cuya fuente principal de forraje la constituyeron reservas elaboradas en base a cultivos de verano (principalmente ensilaje de maíz). Varios trabajos se han realizado en Uruguay evaluando la composición, calidad de conservación y degradabilidad ruminal de ensilajes realizados en base de pasturas (Repetto y col., 2005; Britos y col., 2007; Repetto y col., 2011; Cajarville y col., 2012a). Estos trabajos demuestran una buena calidad de conservación de este tipo de ensilajes realizados con y sin aditivos y ponen luz sobre la oportunidad del uso de ensilajes de pastura para la elaboración de RTM, lo que abriría la posibilidad de un uso eficiente del exceso de producción de pasto en primavera logrando altos niveles de producción de leche.

Es posible combinar RTM con pasturas y tener resultados productivos similares a los de animales alimentados únicamente con RTM (Cuadro 3). Los efectos de dietas que integran pastoreo y RTM sobre el estatus endócrino/metabólico, la producción y la reproducción son resultado de cambios en el consumo total y la demanda de energía asociada a mayor caminata y/o actividad de pastoreo y no de efectos sobre la digestión o utilización de los nutrientes por parte del animal. Adicionalmente, los sistemas de alimentación que combinan RTM y pasturas contribuyen a la producción de un producto diferenciado con un perfil de ácidos grasos más benéficos para la salud humana.





Consideraciones finales

El presente trabajo integra información proveniente de 43 publicaciones que resultan de investigaciones realizadas a nivel nacional en Facultad de Agronomía, Facultad de Veterinaria, INIA La Estanzuela y predios comerciales en los últimos 20 años. Involucran la participación de investigadores senior, investigadores en formación, estudiantes de grado, maestría y doctorado y de asesores particulares, lo que sin dudas constituye una gran fortaleza para el País en su conjunto. El análisis de la información publicada, resalta la potencia de estrategias de investigación bien integradas con el sector productivo, con canales permanentes de comunicación de ida y vuelta, donde se genere, analice y comparta información tanto en los sistemas de producción como en las estaciones experimentales.

Las publicaciones revisadas brindan referencias claras de cómo algunos criterios de manejo del pastoreo y distintos sistemas de alimentación impactan a nivel productivo, reproductivo, endócrino/metabólico y en la calidad del producto final de vacas lecheras manejadas en condiciones similares a las observadas en sistemas comerciales de producción. Así, el manejo de pasturas con buena disponibilidad y altura de la masa de forraje al momento del ingreso al pastoreo (>1500 kg MS/ha y 15-18 cm) con asignaciones de forraje por animal no limitantes (>15 kg MS/animal, por encima de 4 cm del suelo) permitirán una buena eficiencia de cosecha y promoverán altas tasas de consumo por parte de los animales. Cuando la cantidad de forraje en el sistema es limitante, priorizar sesiones cortas de pastoreo en la tarde determinará una cosecha de forraje eficiente con una mayor proporción del tiempo total en

la pastura dedicado al pastoreo, logrando bocados más pesados y mayores tasas de consumo. En estas situaciones es posible combinar pasturas con la suplementación de RTM y tener resultados productivos similares al de animales alimentados únicamente con RTM contribuyendo a la generación de un producto final diferenciado, con un perfil de ácidos grasos benéficos para la salud humana, lo que constituye una ventaja comparativa respecto a los sistemas de alimentación basados únicamente en RTM. La mayor disponibilidad de reservas corporales al parto determina una mayor producción de leche corregida por grasa. Así mismo, una mayor condición corporal al parto ($CC \geq 3$) se asocia con anestros más cortos tanto en vacas como en vaquillonas. El nivel de alimentación preparto puede mejorar la producción y tiene incidencia en acortar el anestro posparto. Sin embargo, estas respuestas estarán condicionadas a efectos sobre la condición corporal y

el estatus endocrino/metabólico durante el pre y postparto de los animales.

Si bien es mucho lo que se ha avanzado en la generación de conocimiento a nivel nacional aún quedan muchos aspectos que requieren más y mejor investigación. Así, diseñar sistemas de alimentación simples, lograr un mejor “menú diario” para las vacas en producción, mejores combinaciones de RTM y pasturas entendiendo que “tipos” de fibra ofrecen mejores respuestas productivas, que tecnologías o técnicas pueden mejorar el valor nutritivo de los forrajes conservados, como se integran los subproductos agroindustriales en este tipo de manejos, como impacta en el costo energético de los animales el traslado a la pastura y la actividad de pastoreo, el nivel y tipo de infraestructura necesaria, integrando aspectos de salud, bienestar animal e impacto ambiental, son algunos de los desafíos para el futuro cercano.





Referencias Bibliográficas

Abrahamse P.A., Dijkstra J., Vlaeminck B., Tamminga S. (2008). Frequent allocation of rotationally grazed dairy cows changes grazing behavior and improves productivity. *Journal of Dairy Science*. 91, 2033–2045.

Adrien M.L., Mattiauda D.A., Artegoitia V., Carriquiry M., Motta G., Bentancur O., Meikle A. (2012). Nutritional regulation of body condition score at the initiation of the transition period in primiparous and multiparous dairy cows under grazing conditions: milk production, resumption of post-partum ovarian cyclicity and metabolic parameters. *Animal*. 6:2,292–299.

Allden W.G., Whittaker, I.A.McD. (1970). The determinants of herbage intake by grazing sheep: Interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Science* 21, 755–766.

Artegoitia V., Meikle A., Olazabal L., L.Damián L., Adrien M. L., Mattiauda D. A., Bermudez J., Torre A., Carriquiry M. (2013). Milk casein and fatty acid fractions in early lactation are affected by nutritional regulation of body condition score at the beginning of the transition period in primiparous and multiparous cows under grazing conditions. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 97, 919–932.

Astessiano A.L., Carriquiry M., Mattiauda D.A., Adrien M.L., Chilbroste P., Meikle A. (2017). Endometrial gene expression in primiparous dairy cows at the end of the voluntary waiting period is affected by nutrition: Total mixed ration vs increasing levels of herbage allowance. *Reproduction Domestic Animal*. 1:8.

Astessiano A.L., Meikle A., Fajardo M., Gil J., Mattiauda D.A., Chilbroste P., Carriquiry M. (2015). Metabolic and endocrine profiles and hepatic gene expression of Holstein cows fed total mixed ration or pasture with different grazing strategies during early lactation. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 57:70

Barca J., Carriquiry M., Olazabal L., Fajardo M., Chilbroste P., Meikle A. (2017). Milk fatty acid profile from cows fed with mixed rations and different access time to pastureland during early lactation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. (en prensa)

Bargo F., Muller L.D., Kolver E.S., Delahoy J.E. (2003). Invited Review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*. 86:1–42.

Britos A., Repetto J. L., Garcarena D., Cajarville C. (2007). Efecto del suero de queso como aditivo de ensilajes de pastura sobre la conservación, los azúcares solubles y la producción de gas in vitro. *Agrociencia*. 11, 72–77.

Cajarville C., Britos A., Errandonea N., Gutiérrez L., Cozzolino D., Repetto J.L. (2015). Diurnal changes in water-soluble carbohydrate concentration in lucerne and tall fescue in autumn and the effects on in vitro fermentation. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 58, 281–291.

Cajarville C., Britos A., Garcarena D., Repetto J.L. (2012a). Temperate forages ensiled with molasses or fresh cheese whey: Effects on conservation quality, effluent losses and ruminal degradation. *Animal Feed Science and Technology*. 171, 14–19.

Cajarville C., Mendoza A., Santana A., Repetto J. L. (2012b). En tiempos de intensificación productiva... ¿Cuánto avanzamos en el conocimiento de los nuevos sistemas de alimentación de la vaca lechera? *Veterinaria*. 48, Suppl. 1, 35–39.

Cajarville C., Aguerre M., Britos A., Tebot I., Pérez A., Elizondo V., Repetto J.L. (2006). Effect of feeding frequency of fresh forage on ruminal pH: Data review. 14° Simposio Internacional y 6° Conferencia de Cojera en Rumiantes.

Cavestany D., Kulcsár M., Crespi D., Chilliard Y., La Manna A., Balogh O., Keresztes M., Delavaud C., Huszenicza G., Meikle A. (2009a). Effect of Prepartum Energetic Supplementation on Productive and Reproductive Characteristics, and Metabolic and Hormonal Profiles in Dairy Cows under Grazing Conditions. *Reproduction in Domestic Animals*. 44, 663–671.

Cavestany D., Viñoles C., Crowe M.A., La Manna A., Mendoza A. (2009b). Effect of prepartum diet on postpartum ovarian activity in Holstein cows in a pasture-based dairy system. *Animal Reproduction Science*. 114, 1-13.

Chilibroste P. (2015a). Los sistemas lecheros en escenarios de precios volátiles. 2do Foro de Producción Lechera. Sistemas sostenibles en distintos escenarios. CONAPROLE. Disponible en: <http://www.eleche.com.uy/principal/materiales-tecnicos-foprole-2015?es>

Chilibroste P, Gibb M.J., Soca P., Mattiauda D.A. (2015b). Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science*. 55, 328-338.

Chilibroste P., Battezzore G. (2014). Proyecto Producción Competitiva. CONAPROLE, pp 31.

Chilibroste P., Mattiauda D.A., Bentancur O., Soca P., Meikle A. (2012). Effect of herbage allowance on grazing behavior and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology* 173, 201-209

Chilibroste P., Soca P., Mattiauda D. (2011). Balance entre oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche: potencial de intervención al inicio de la lactancia. XXXIX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Disponible en: <http://centromedicoveterinariopaysandu.com/wp-content/uploads/2014/08/Lecheria-Chilibroste-2011.pdf>

Chilibroste P., Soca P., Mattiauda D.A., Bentancur O., Robinson P.H. (2007). Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 47, 1075-1084.

Chilibroste P., Gibb M., Tamminga S. (2005a). Pasture Characteristics and Animal Performance. En: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. CAB INTERNATIONAL 2005. 2nd edition (eds J. Dijkstra J., Forbes J.M., France J.)

Chilibroste P., Soca P., Mattiauda D.A., Bentancur O. (2005b). ¿Genera el ayuno, señales que modifiquen el comportamiento ingestivo y la performance productiva en vacunos? XXXIII Jornadas Uruguayas de Buiatría.

Chilibroste P., Ibarra D., Laborde D. (2004a). Producción de leche y alimentación: resultado del relevamiento de 37 predios comerciales durante el período abril-noviembre del 2003. En: Proyecto: "Interacción Alimentación – Reproducción" informe final 2003. CONAPROLE.

Chilibroste P., Ibarra D., Zibil S., Laborde D. (2004b). Monitoreo de vacas de parición de otoño en sistemas comerciales: 1. Resultados productivos. 27 Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal, Tandil, 2004. *Anales/Proceedings: Revista Argentina de Producción Animal*, 24 Editorial: Revista Argentina de Producción Animal, Mar del Plata.

Chilibroste P., Ibarra D., Zibil S., Laborde D. (2004c). Monitoreo de vacas de parición de otoño en sistemas comerciales: 2. Condición de la pasturas. 27 Congreso Argentino de Producción Animal, Tandil, 2004. *Anales/Proceedings: Revista Argentina de Producción Animal*, 24 Editorial: Revista Argentina de Producción Animal, Mar del Plata.

Chilibroste P., Ibarra D., Zibil S., Laborde D. (2004d). Monitoreo de vacas de parición de otoño en sistemas comerciales: 3. Consumo de forraje. 27 Congreso Argentino de Producción Animal, Tandil, 2004. *Anales/Proceedings: Revista Argentina de Producción Animal*, 24 Editorial: Revista Argentina de Producción Animal, Mar del Plata.

Chilibroste P. (2002) Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño – invernal. XXV Jornadas Uruguayas de Buiatría. Disponible en: <http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/chilibroste.pdf>

Chilibroste P., Tamminga S., Boer H. (1997). Effect of length of grazing session, rumen fill and starvation time before grazing on dry matter intake, ingestive behaviour and dry matter rumen pool sizes of grazing lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*. 52, 249-257.

Crespi D., Mendoza A., Cavestany D. (2013). Efecto de la suplementación con concentrados conteniendo granos de girasol o soja sobre las variables productivas y reproductivas y el metabolismo en vacas Holando primíparas durante el postparto temprano. *Veterinaria*. 50, 4-20.

DIEA (2015). Anuario estadístico agropecuario 2015. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Uruguay. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2015,0,es,0>

DIEA (2005). Anuario estadístico agropecuario 2005. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Uruguay. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2005,0,es,0>

Fajardo M., Mattiauda D.A., Motta G., Genro T.C., Meikle A., Carriquiry M., Chilibroste P. (2015). Use of mixed rations with different access time to pastureland on productive responses of early lactation Holstein cows. *Livestock Science*. 181, 51-57.

Fulkerson W.J., Neal J.S., Clark C.F., Horadagoda A., Nandra K.S., Barchia I. (2007). Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. *Livestock Science* 107, 253–264.

Gregorini P., Clark C.E.F., Jago J.G., Glassey C.B., McLeod K., Romera A.J. (2009). Restricting time at pasture: effects on dairy cow herbage intake, foraging behavior, hunger-related hormones and metabolite concentration during the first grazing session. *Journal of Dairy Science*. 92, 4572–4580.

Grummer R.R. (1995). Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *Journal of Animal Science*, 73: 2820–2833.

Kennedy E., McEvoy M., Murphy J.P., O'Donovan M. (2009). Effect of restricted access time to pasture on dairy cow milk production, grazing behaviour, and dry matter intake. *Journal of Dairy Science*. 92, 168–176.

Kolver E.S., Muller L.D. (1998). Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 81, 1403–1411.

Kristensen T., Oudshoorn F., Munksgaard L., Søgaard K. (2007). Effect of time at pasture combined with restricted indoor feeding on production and behaviour in dairy cows. *Animal*. 1, 439–448.

Mattiauda D.A., Tamminga S., Gibb M.J., Soca P., Bentancur O., Chilibraste P. (2013). Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows: Ingestive behaviour, dry matter intake and milk production. *Livestock Science*. 152, 53–62.

Meikle A., Adrien M.L., Mattiauda D.A., Chilibraste P. (2013a). Effect of sward condition on metabolic endocrinology during the early postpartum period in primiparous grazing dairy cows and its association with productive and reproductive performance. *Animal Feed Science and Technology*. 186, 139–147.

Meikle A., Cavestany D., Carriquiry M., Adrien M.L., Artegoitia V., Pereira I., Ruprecht G., Pessina P., Rama G., Fernández A., Breijo M., Laborde D., Pritsch O., Ramos J.M., de Torres E., Nicolini P., Mendoza A., Dutour J., Fajardo M., Astessiano A.L., Olazábal L., Mattiauda D., Chilibraste P. (2013b). Avances en el conocimiento de la vaca lechera durante el período de transición en Uruguay: un enfoque multidisciplinario. *Agrociencia* 17, 141–152.

Meikle A., Kulcsar M., Chilliard Y., Febel H., Delavaud C., Cavestany D., Chilibraste P. (2004). Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. *Reproduction*. 127, 727–737.

Mendoza A., Cajarville C., Repetto J.L. (2016a). Short communication: Intake, milk production, and milk fatty acid profile of dairy cows fed diets combining fresh forage with a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 99, 1938–1944.

Mendoza A., Cajarville C., Repetto J.L. (2016b). Digestive response of dairy cows fed diets combining fresh forage with a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 99, 8779–8789.

Mendoza A., Crespi D., Hernández A., Roura N., Valentín H., La Manna A., Cavestany D. (2011a). Effect of dietary supplementation with fish oil during the transition period on milk production, plasma metabolites and postpartum anoestrus interval in grazing dairy cows. *Animal Production Science*. 51, 481–489.

Mendoza A., Cavestany D., La Manna A., Chilibraste P., Meikle A. (2011b). Estrategias de alimentación energética para acortar el anestro postparto de vacas lecheras a pastoreo. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 19, 42–45.

Mendoza A., La Manna A., Crespi D., Crowe M.A., Cavestany D. (2008). Whole sunflower seeds as a source of polyunsaturated fatty acids for grazing dairy cows: Effects on metabolic profiles and resumption of postpartum ovarian cyclicity. *Livestock Science*. 119, 183–193.

NRC. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. Ed. National Academy Press, 7^o ed. Washington D.C., USA. Disponible en: <http://www.nap.edu/catalog/9825/nutrient-requirements-of-dairy-cattle-seventh-revised-edition-2001>.

Pastorini M., Pomiés N., Cajarville C., Mendoza A., Aloy E., Bazzano M., Calvo M., Repetto, J.L. (2015a). Combinación de ración totalmente mezcla y pastura fresca: efecto sobre la producción y composición de la leche en vacas lecheras. *XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría*. Paysandú-Uruguay.

Orr R.J., Penning P.D., Harvey A., Champion R.A. (1997). Diurnal patterns of intake rate by sheep grazing monocultures of ryegrass or white clover. *Applied Animal Behaviour Science*. 52, 65–77.

Pastorini M., Pomiés N., Cajarville C., Mendoza A., Calvo M., Constantin M., Hirigoyen D., Repetto J.L. (2015b). Combinación de ración totalmente mezcla y pastura fresca: efecto sobre el perfil de ácidos grasos de la leche en vacas lecheras. *XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría*. Paysandú-Uruguay.

Pérez-Ramírez E., Delagarde R., Delaby L. (2008). Herbage intake and behavioural adaptation of grazing dairy cows by restricting time at pasture under two feeding conditions. *Animal*. 2, 1384–1392.

Pomiés N. (2014). *Combinación de diferentes niveles de forraje fresco y ración totalmente mezclada en dietas de vacas lecheras: efecto sobre el aprovechamiento digestivo*. Tesis de Maestría, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

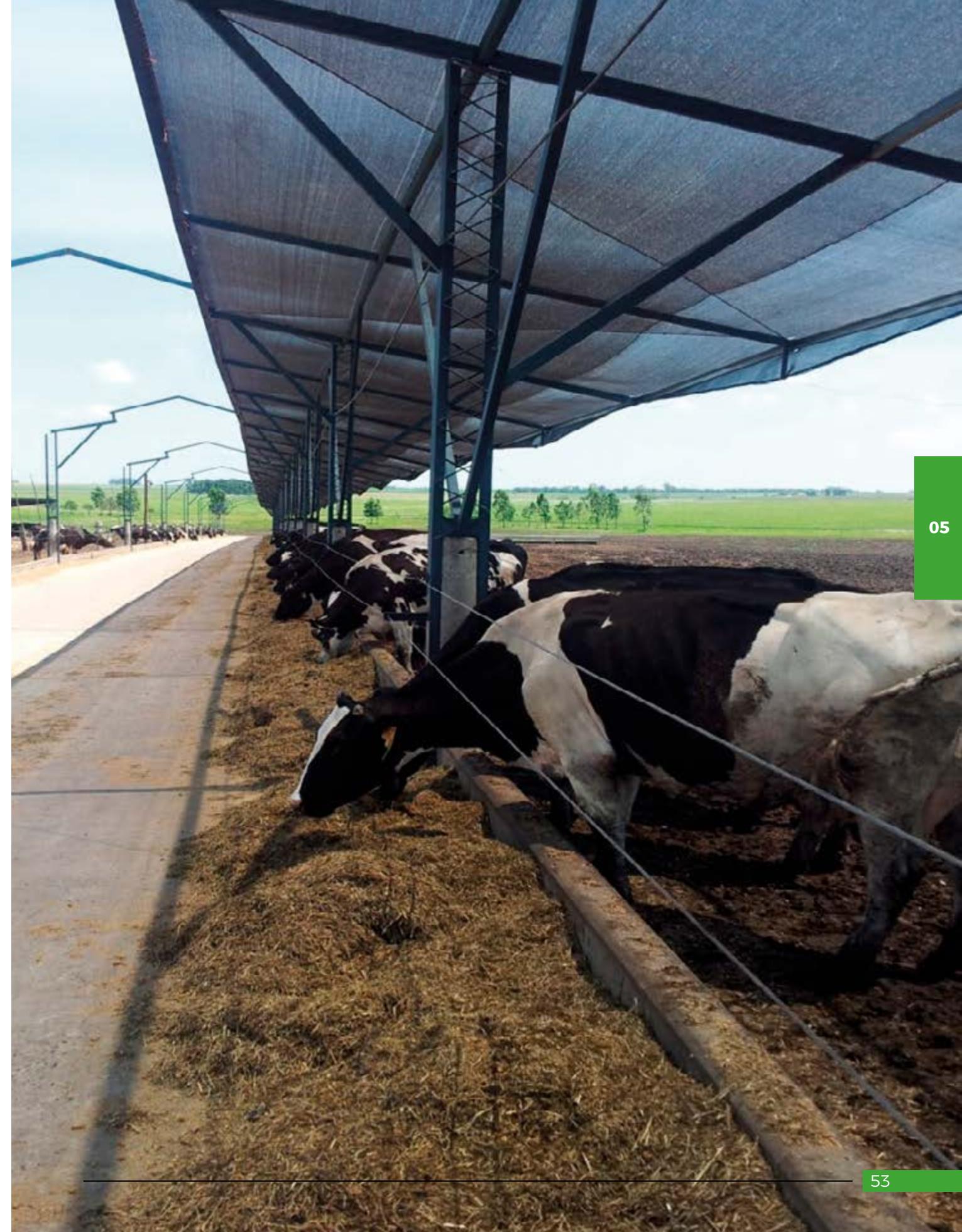
Repetto J.L., Echarri V., Aguerre M., Cajarville C. (2011). Use of fresh cheese whey as an additive for Lucerne silages: Effects on chemical composition, conservation quality and ruminal degradation of cell walls. *Animal Feed Science and Technology* 170, 160–164.

Repetto J.L., Cajarville C. (2006). Nutrition and lameness: Ruminal pH and sub-acute acidosis in grazing animals. *14° Simposio Internacional y 6° Conferencia de Cojera en Rumiantes*.

Repetto J.L., Cajarville C., D' Alessandro J., Curbelo A., Soto C., Garin D. (2005). Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixtures. *Animal Reserch*. 54,73-78.

Soca P., González H., Manterola H., Bruni M.A., Mattiauda D.A., Chilibroste P., Gregorini P. (2014). Effect of restricting time at pasture and concentrate supplementation on herbage intake, grazing behaviour and performance of lactating dairy cows. *Livestock Science*. 170, 35–42.

Ungerfeld R., Cajarville C., Rosas M.I., Repetto J.L. (2014). Time budget differences of high- and low-social rank grazing dairy cows. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 57, 122-127.





Artículos no incluidos en la revisión

Aguerre M., Cajarville C., Repetto J.L. (2015). Impact of water addition, germination, ensiling and their association on sorghum grain nutritive value. *Animal Feed Science and Technology*. 205, 75–81.

Britos A., Pomiés N., Repetto J.L., Cajarville C. (2013). Efectos sobre la fermentación in vitro de la inclusión de proporciones crecientes de pulpa de citrus, maíz o cebada a una pastura de alta calidad. *Veterinaria*. 49, 4-13.

Cajarville C., Aguerre M., Repetto J.L. (2006). Rumen pH, NH₃-N concentration and forage degradation kinetics of cows grazing temperate pastures and supplemented with different sources of grain. *Animal Reserch*. 55, 511–520.

Chilibroste P. (2012). Uso de subproductos industriales en la nutrición de bovinos de leche: una oportunidad para la lechería nacional. XXXV Jornadas Uruguayas de Buiatría. Disponible en: <http://centromedicoveterinariopaysandu.com/jornadas-de-buiatria-2012-trabajos-presentados-y-disertaciones/>

Chilibroste P., Soca P., Bentancur O., Mattiauda D.A. (2010). Estudio de la conducta en pastoreo de vacas Holando de alta producción: síntesis de 10 años de investigación sobre la relación planta animal suplemento en la Facultad de Agronomía – EEMAC. *Agrociencias*. 3, 101-106.

Chilibroste P., Dijkstra J., Robinson P.H., Tamminga S. (2008). A simulation model “CTR Dairy” to predict the supply of nutrients in dairy cows managed under discontinuous feeding patterns. *Animal Feed Science and Technology*. 143, 148–173.

Fraga M., Fernández S., Cajarville C., Martínez M., Abin-Carriquiry J.A., Zunino P. (2015). In vitro modulation of rumen microbiota and fermentation by native microorganisms isolated from the rumen of a fed-exclusively-on-pasture bovine. *Annals of Microbiology*. 65, 2355-2362.

Fraga M., Perelmuter K., Valencia M.J., Martínez M., Abin-Carriquiry A., Cajarville C., Zunino P. (2013). Evaluation of native potential probiotic bacteria using an in vitro ruminal fermentation system. *Annals of Microbiology*. 64, 1149-1156.

Fraga M., Perelmuter K., Valencia M.J., Cajarville C., Zunino P. (2013). Caracterización de la microbiota bacteriana ruminal de un bovino a pastoreo mediante técnicas clásicas e independientes del cultivo. *Veterinaria*. 49, 40-55

Mattiauda D.A., Chilibroste P., Bentancur O., Soca P. (2009). Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de producción de leche: ¿qué niveles de producción permite y que problemas contribuye a solucionar?. XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría.

Mendoza A., La Manna A., Mieres J., Acosta Y. (2014). Evaluación del consumo de deoxinivalenol y de un adsorbente comercial de micotoxinas en vacas lecheras a pastoreo. *Agrociencia*. 18, 133-140.

Nicolini P., Carriquiry M., Meikle. (2013). A polymorphism in the insulin-like growth factor 1 gene is associated with postpartum resumption of ovarian cyclicity in Holstein-Friesian cows under grazing conditions. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 55,11.

Ramos J. M., Sosa C., Ruprecht G., Pessina P., Carriquiry M. (2012). Effect of organic trace minerals supplementation during early postpartum on milk composition, and metabolic and hormonal profiles in grazing dairy heifers. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 10(3), 681-689.

Ruprecht G., Carriquiry M., Ramos J.M., Pereira I., Meikle A. (2011). Metabolic and endocrine profiles and reproductive parameters in dairy cows under grazing conditions: effect of polymorphisms in somatotropic axis genes. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 55, 35.

Santana A., Repetto J.L., Cajarville C. (2014). Las pasturas de calidad seguirán teniendo un papel importante en la lechería del futuro...pero algo debemos cambiar. V Congreso Uruguayo de Producción Animal.

Diseño gráfico
diegolista@gmail.com