

Priorización de temas estratégicos de investigación en bovinos de lechería

Juan P. Keim¹, Rubén Pulido², Lucio Pérez-Prieto³, Héctor Uribe⁴, Rodrigo Morales⁵

¹Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile, ²Instituto de Ciencia Animal, Universidad Austral de Chile, ³Independiente, ⁴Departamento de Producción Animal, Universidad de Chile, ⁵Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Remehue

Introducción

En las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos se produce el 87 % del total de la leche recepcionada por las industrias lácteas (Odepa, 2015). Como en la mayoría de los climas templados de tipo mediterráneo, los sistemas lecheros predominantes son aquellos que basan su alimentación en las praderas permanentes utilizadas principalmente mediante pastoreo durante la primavera y otoño, y como forraje conservado, para los períodos críticos de crecimiento durante el otoño, invierno, y en los veranos secos.

La superficie de praderas en las décima y decimocuarta regiones se estima en 1 177 294.5 ha, de las cuales el 43.8 % corresponde a praderas naturalizadas, mientras que las artificiales y las mejoradas representan el 8.5 y 47.7 % de la superficie, respectivamente (INE, 2007). Las praderas alcanzan producciones de 3 a 14 t de materia seca (MS) por hectárea al año, observándose los valores más bajos en praderas que se encuentran en estados de degradación. El crecimiento del pasto es fuertemente estacional, durante la primavera se concentra entre un 40 a 50 % de la producción anual de forraje (Balocchi *et al.*, 2009). Mientras que el crecimiento en otoño se traduce en un 25 % de la producción anual de forraje (Poff *et al.*, 2011). Por su parte, la composición nutricional de la pradera es variable durante las estaciones del año, debido a factores ambientales y de manejo. Es así como la concentración de nutrientes puede variar entre 13 y 30 % de proteína cruda (PC) y entre 2.3 y 3.0 Mcal de energía metabolizable, a lo

largo de todo el año (Anrique *et al.*, 2014). Durante primavera, la alta disponibilidad de forraje se asocia también con una elevada concentración de nutrientes, así como un alto contenido de agua, bajo en fibra efectiva y alta proteína que pueden ser limitantes nutricionales para soportar las demandas del ganado. En el otoño la pradera tiende a ser similar en calidad nutritiva al invierno y comienzo de primavera, donde el crecimiento se caracteriza por un alto nivel de PC y baja concentración de carbohidratos solubles y MS (Keim *et al.*, 2015), lo que reduce la respuesta productiva.

Bajo estas condiciones de crecimiento y composición nutricional, resulta importante establecer criterios en el manejo del pastoreo basados en la intensidad y frecuencia del pastoreo que permitan buscar un balance entre la producción de leche y la sustentabilidad de la pradera.

En el sur de Chile, la producción de leche se basa en un sistema de parición bi-estacional, donde el inicio de la lactancia ocurre al comienzo de la primavera y el otoño (Pérez *et al.*, 2007). El sistema de parición estacional de primavera se sustenta en la utilización de la pradera mediante pastoreo, ajustando los requerimientos nutricionales de las vacas en lactancia a la curva de crecimiento de los pastos (Pulido *et al.*, 2010). Diferente es la estrategia seguida en el sistema de partos de otoño. En este caso, durante la primera mitad de la lactancia, la alimentación se basa en pradera, forrajes conservados (principalmente ensilaje de pradera) y suplementos concentrados; mientras la segunda mitad de la lactancia se desarrolla en pastoreo (Pérez *et al.*, 2007; Pulido *et al.*, 2010).

Dado al patrón de crecimiento de las praderas templado-húmedas y asociado a los sistemas de parto bi-estacionales, resulta la necesidad de utilizar cantidades significativas de suplementos alimenticios, especialmente concentrados, durante invierno y verano para asegurar niveles adecuados de consumo de materia seca y producción de leche (Ruiz-Albarrán *et al.*, 2012). Sin embargo, la respuesta de vacas en pastoreo a la suplementación con concentrados es variable (0.83 ± 0.34 kg leche/kg de concentrado); limitando el uso de esta alternativa a la relación entre precio pagado por litro de leche, costo del concentrado y la respuesta a la suplementación (Keim y Anrique, 2011). De este modo, la búsqueda de alternativas de menor costo en relación a los concentrados y que permitan suplir la baja disponibilidad de pradera durante periodos de escasez, permitiría optimizar la rentabilidad de los sistemas lecheros, al disminuir los costos de producción sin afectar la productividad de los sistemas (Hegarty, 2012).

Para maximizar la eficiencia biológica y económica en los sistemas de producción de leche en base a praderas es necesario alcanzar un alto consumo de materia seca por hectárea,

es decir, lograr producir una alta cantidad de forraje, "cosechando" la mayor proporción posible, maximizar la carga animal y la conversión de pradera consumida a sólidos lácteos. En este aspecto resulta relevante el desarrollo de un plan de mejoramiento genético a nivel país, para identificar razas y biotipos que mejor se adapten a las condiciones locales.

Dados estos antecedentes es que algunas de las líneas de investigación identificadas como relevantes a desarrollar en el país se relacionan principalmente con la producción de leche en base a praderas, entre éstos:

1. Mejoramiento, producción y utilización de praderas permanentes.
2. Respuesta productiva, metabolismo ruminal y comportamiento de la vaca lechera en pastoreo suplementada con concentrados.
3. Utilización de forrajes suplementarios en los periodos de déficit de pradera.
4. Manipulación de la calidad composicional de leche en vacas alimentadas a pradera.
5. Mejoramiento genético del ganado lechero.

1.- Mejoramiento, producción y utilización de praderas permanentes

Dada la alta proporción de praderas naturalizadas de bajo rendimiento, se observa un enorme potencial para incrementar la producción de forraje y la capacidad sustentadora de los predios. En este sentido, desde hace 30 años se han desarrollado investigaciones orientadas a identificar estrategias para el mejoramiento sustentable de las praderas del sur de Chile. Para revertir estados severos de degradación en praderas se han propuesto tres métodos: establecer una nueva pastura mediante siembra tradicional; recuperarlas por medio de una regeneración; y/o combinar prácticas de manejo como la sectorización del predio, la regulación de la carga animal, el control del pastoreo, control de plagas, el drenaje en suelos con problemas y la fertilización (Hampton *et al.*, 1999; Butkuvieni y Butkute, 2008). Esto último genera una evolución positiva en el mediano plazo, mejorando la composición botánica debido al aumento en el número de especies de alto valor forrajero, e incrementando el rendimiento de las praderas (López y Valentine, 2006). De estas investigaciones se ha demostrado que praderas mejoradas a través de manejos como la fertilización, igualan en el mediano plazo a praderas sembradas con gramíneas templadas como *Lolium perenne* en términos de rendimiento y concentración de nutrientes (Siebald *et al.*, 1982; Keim *et al.*, 2015), pudiendo incluso tener una mayor persistencia producto de la diversidad de especies presentes en la pradera (López y Valentine, 2006). En estos estudios, *Bromus valdivianus* aparece como una especie de buen potencial al encontrarse adaptada a las condiciones locales y presentar atributos productivos similares a especies mejoradas (Ramírez *et al.*, 2014). Por otro lado, se han realizado evaluaciones respecto a las características fermentativas y de degradación ruminal

de praderas permanentes mejoradas (Keim *et al.*, 2013 y 2014) que demuestran su potencial como una alternativa sustentable para los sistemas lecheros del sur de Chile. No obstante, aún resulta necesario realizar evaluaciones a nivel animal que determinen la respuesta productiva en comparación a alternativas tradicionales y luego determinar estrategias de manejo que optimicen su utilización.

La utilización o cantidad de pradera consumida por hectárea es uno de los factores que mejor se relaciona con la rentabilidad de los sistemas lecheros (Heard *et al.*, 2012). Tanto la calidad de la pradera como la cantidad ofrecida, influirán significativamente sobre el consumo de pradera esperado. La cantidad de pradera ofrecida es una herramienta efectiva para aumentar el consumo individual de pradera en vacas no suplementadas, no obstante, pudiendo reducir la cantidad de leche producida por hectárea (Pulido, 2014). El incremento en la oferta de pradera en vacas que reciben concentrado puede provocar simultáneamente una sustitución de pradera por el suplemento, limitando el aumento esperado en el consumo total de materia seca y energía (Kennedy *et al.*, 2008; Peyraud y Delagarde, 2013). Esta oferta dependerá de la composición botánica, estado de crecimiento de la planta, estructura de la pradera, entre otros. Por lo tanto, a objeto de favorecer un uso eficiente de ella, se debe compensar el consumo deseado con la cantidad de pradera a ofrecer. De este modo, numerosas investigaciones se han realizado en el país con el objeto de establecer prácticas para un manejo eficiente del pastoreo que permitan optimizar la producción desde un punto de vista de sistema predial. De esta forma es que se han evaluado distintos niveles de oferta de pradera, asociados a niveles de suplementación, tipo de suplemento (tipos de forrajes, tipos de concentrado), época del año; donde ofertas moderadas permiten aumentar la carga animal y producciones por hectárea (Pulido *et al.*, 2010; Schöbitz *et al.*, 2012; Ruiz-Albarrán *et al.*, 2012; Morales *et al.*, 2014).

Actualmente se está trabajando en una línea de investigación basada en la hora y fraccionamiento de la entrega de pradera durante un mismo día, el objetivo es relacionar el tiempo de asignación de una oferta de pradera a través de una nueva franja ofrecida durante la mañana (AM) o bien por la tarde (PM) y fraccionada en dos cantidades iguales (AM y PM) durante el día. Las vacas que fueron asignadas a una nueva franja –ya sea durante la mañana o tarde– pastorearon mayormente durante las primeras cuatro horas, mientras que la asignación de una nueva franja después del ordeño de la tarde permite a las vacas consumir una pradera de mayor valor nutritivo que durante la mañana, lo que tiende a mejorar su productividad (Pulido *et al.*, 2015). No obstante, estos resultados difieren en la magnitud de respuesta en comparación a estudios extranjeros (Trevaskys *et al.*, 2004; Bryant *et al.*, 2014)

lo que sugiere la influencia de otros factores que deben ser estudiados, como nivel productivo y etapa de la lactancia de las vacas, tipo de pradera, frecuencia de defoliación, época del año, tipo y nivel de suplementación, entre otros.

2.- Respuesta productiva, metabolismo ruminal y comportamiento de la vaca lechera en pastoreo suplementada con concentrados

En general se ha realizado bastante investigación asociada a la suplementación con concentrado y la respuesta productiva de vacas en pastoreo tanto a nivel internacional (Bargo *et al.*, 2003) como nacional (Pulido *et al.*, 2009, 2010; Schöbitz *et al.*, 2012). El propósito de la suplementación con concentrado es principalmente aumentar el consumo de nutrientes y, por ende, la producción de leche por vaca y por hectárea a través del aumento de la carga animal y el mejoramiento en la eficiencia de uso de las praderas (Bargo *et al.*, 2003; Kennedy *et al.*, 2008). Adicionalmente, cuando la disponibilidad de la pradera es limitada, la suplementación permitiría aumentar el largo de las lactancias, cubrir los mayores requerimientos que presentan vacas de elevado mérito genético, aumentar el contenido de proteína en leche, el mejoramiento de la condición corporal y la eficiencia reproductiva de los animales (Clark y Woodward, 2007), situaciones que deben ser validadas bajo las condiciones nacionales y analizadas desde su impacto sobre el sistema productivo.

Dado el mayor costo de los alimentos concentrados, éstos deben incorporarse en las raciones alimenticias en forma estratégica para conseguir un aumento del consumo de nutrientes y obtener una mayor producción de leche. En primavera, los concentrados son la alternativa de suplementación más utilizada. Sin embargo, la respuesta productiva que se ha encontrado al uso de concentrados, a menudo ha resultado ser variable y no siempre rentable (Pulido, 2014). Al respecto, existe limitada investigación que evalúe la respuesta a la suplementación con concentrado (cantidad y tipo) cuando las vacas disponen de diferentes niveles de oferta de pradera. Por lo tanto, el conocimiento de la relación entre la cantidad de pradera ofrecida y el nivel y tipo de suplementación con concentrado permitirá diseñar estrategias para mejorar la respuesta lechera al suplemento y la eficiencia en la utilización de la pradera.

Por otro lado, la suplementación con concentrados aparece como una de las herramientas más eficaces para mitigar el impacto ambiental de los sistemas lecheros en base a praderas desde el punto de vista de las excreciones de nitrógeno (Keim y Anrique, 2011) y emisiones de metano (Jiao *et al.*, 2014), con escasas evaluaciones a nivel nacional que reflejan respuestas diferentes a las esperadas teóricamente (Muñoz *et al.*, 2015).

3.- Utilización de forrajes suplementarios en los periodos de déficit de pradera

La producción intrapredial de forrajes ayuda a reducir la adquisición de suplementos y los costos de producción, por ende mejora la rentabilidad de los sistemas lecheros (García *et al.*, 2008). Sin embargo, el uso de forrajes suplementarios en la lecherías chilenas representa alrededor del 5 % de la dieta media anual (Anrique, 2011). Entre los cultivos forrajeros de mayor proyección para las lecherías del sur de Chile destacan el maíz para ensilaje, la alfalfa y las brásicas forrajeras; siendo estas últimas donde existe una mayor carencia de información científica. La inclusión de éstas podría resultar clave durante los periodos de bajo crecimiento de la pradera (invierno y verano) momento en que los requerimientos de las vacas aún se mantienen altos por encontrarse a fines del primer y segundo tercio de lactancia. Si bien a nivel nacional, se han desarrollado algunas iniciativas que han evaluado la dinámica de crecimiento y composición nutricional de las brásicas (Torres, 2014), y respuesta productiva y comportamiento de vacas suplementadas con nabo forrajero (Parga *et al.*, 2009; Barrientos, 2012); aún quedan aspectos relevantes por evaluar respecto a la dinámica y productos de la fermentación ruminal, la respuesta productiva, salud animal y composición de la leche y residuos en ella asociados a diferentes niveles de consumo de factores antinutricionales de vacas lecheras suplementadas (dimetil-sulfóxido cisteína, glucosinolatos y nitratos); que permitan comprender la baja respuesta productiva en relación a su elevado valor nutritivo en vacas lecheras alimentadas con brásicas (Barry, 2013).

Otra línea de investigación a desarrollar corresponde a la evaluación de nuevas alternativas forrajeras para periodos de bajo crecimiento de las praderas, entre las que actualmente aparecen como promisorias la inclusión de *Plantago lanceolata* y *Chicoryum intibus* (Totty *et al.*, 2013).

4.- Manipulación de la calidad composicional de leche en vacas alimentadas a pradera

La composición de la leche determina su valor nutricional y calidad industrial. Leche con mayor contenido de sólidos, esencialmente proteína y grasa, aporta más nutrientes al consumidor y mejora su capacidad para ser transformada en productos lácteos (Cerón y Correa, 2005). Dada la importancia que ha adquirido la concentración de sólidos lácteos (grasa y proteína) en los diferentes esquemas de pago del país, resulta de gran relevancia desarrollar investigación que permita mejorar las concentraciones de sólidos lácteos, las que se ven alteradas producto de las características nutricionales de la pradera, la cual constituye el principal componente de la dieta.

Como se señaló previamente, la calidad nutricional de la pradera presenta una variación estacional respecto a su composición nutricional, lo que ha resultado en variación estacional

en la composición química (grasa y proteína) de la leche recepcionada por las industrias en el sur de Chile (Calvache, 2009), observándose fuertes caídas en la concentración de materia grasa hacia fines de invierno e inicios de primavera, y de proteína a fines de primavera y verano. Estas variaciones deberían constituir una línea base para desarrollar investigación dada la relevancia económica que tiene en los productores.

Otra línea de investigación en el área de la calidad nutricional de la leche ha estado concentrada en el estudio de los nutrientes de la leche que podrían afectar beneficiosamente la salud humana con el fin de agregar valor a la leche y sus productos lácteos. Entre ellos, la grasa y específicamente el perfil de ácidos grasos de la leche ha sido el nutriente más estudiado a nivel mundial. La razones de este enfoque son producto de que la leche contiene algunos ácidos grasos que han demostrado ser beneficiosos para la salud humana (Lock y Bauman, 2004). Los ácidos grasos de la serie n-3, algunos isómeros de los ácidos linoleico conjugados (CLA), el butirato, entre otros, presentan varios efectos positivos para la salud de quienes los consumen (ver las revisiones de Ruxton *et al.*, 2004; Crumb, 2011; Dilzer y Park, 2012). Asimismo, los CLA son únicos en los productos de rumiantes, siendo las principales fuentes de estos ácidos grasos en las dietas del ser humano. El CLA predominante (aproximadamente un 70 %) en la grasa de leche es el ácido ruménico (AR: ácido linoleico conjugado cis9,trans11-18:2) que se origina durante el proceso de biohidrogenación de los ácidos insaturados en el rumen y por síntesis endógena en la glándula mamaria (Lock y Bauman, 2004; Kalač y Samková, 2010). El AR y su precursor, el ácido vaccénico (trans11-18:1), son indicadores de la calidad nutricional de la leche debido a sus efectos positivos sobre la salud humana (Dilzer y Park, 2012).

En la actualidad, está bien documentado que la dieta del animal afecta la composición de los ácidos grasos y el contenido de grasa de la leche (Bauman y Griinari, 2003; Bauman *et al.*, 2008). En Chile, si bien la investigación en esta área es relativamente nueva, se han realizado esfuerzos para evaluar y estudiar el perfil de ácidos grasos en la leche. El efecto de la estacionalidad de la producción de leche (Pinto *et al.*, 2002), la influencia del sistema productivo (Morales *et al.*, 2015), el efecto de la suplementación con semilla de canola (Aviléz *et al.*, 2013) y poroto de soya extrusado (Aviléz *et al.*, 2012) en condiciones de pastoreo son ejemplos de trabajos publicados en revistas científicas. Asimismo, estudios recientes también se han enfocado al estudio de la inclusión de diferentes aceites en la dieta (aceite de pescado, aceite de soya y en combinación con aceite de palma) y su efecto sobre el perfil de ácidos grasos del queso (Vargas-Bello-Pérez *et al.*, 2015a ; Vargas-Bello-Pérez *et al.*, 2015b). Por otro lado, se encuentra disponible información del perfil de ácidos grasos de quesos comerciales de oveja, vaca, cabra y mixtos encontrados en el mercado nacional (Aguilar *et al.*, 2014).

Sin embargo, a nivel productivo existen desafíos pendientes de abordar dentro del estudio de la calidad nutricional de la leche. Por ejemplo, el estudio del efecto de los diferentes componentes de la dieta y concentraciones de estos en condiciones de pastoreo y de estabulación, o también el efecto de los cambios en los constituyentes de las dietas a pastoreo producto del cambio climático, como son la utilización de cultivos suplementarios en las diferentes estaciones del año (verano, otoño e invierno). La información sobre la variación estacional de las praderas sobre las concentraciones de ácidos grasos (AG) para el sur de Chile es limitada.

Estudios previos han reportado que leche proveniente de sistemas pastoriles aumenta las concentraciones de ácidos grasos polinsaturados (AGPI) en leche y decrecen los ácidos grasos saturados (AGS) en comparación a vacas alimentadas con concentrados (Wijesundera *et al.*, 2003, Bargo *et al.*, 2006), forrajes conservados (Roca-Fernández *et al.*, 2012) y raciones totalmente o parcialmente mezcladas (Hernández-Ortega *et al.*, 2014). Dentro de las herramientas para el manejo del pastoreo, se ha reportado que el uso de la oferta de pradera (ODP) permite mejorar el consumo de materia seca (Peyraud y Delgarde, 2013, Pérez-Prieto *et al.*, 2013) y el consumo de AG, dando como resultado una mayor producción de leche y concentración de AGPI en la leche (Stockdale *et al.*, 2003, Palladino *et al.*, 2009). En vacas en pastoreo, el aumento de la ODP ha resultado en una disminución de AGS en especial, C16:0, mirístico (C14:0) y láurico (C12:0) que son relacionados con el aumento del nivel de colesterol sanguíneo y riesgo de enfermedades cardiovasculares en humanos (Bauman *et al.*, 2011). Mayores concentraciones de C18:3n-3 y cis-9 trans-11 CLA se han reportado por un aumento en la ODP de 25 a 40 kg MS (Roca-Fernández *et al.*, 2012), 25 a 40 kg MS (Bargo *et al.*, 2006), de 25 a 50 kg MS (Stockdale *et al.*, 2003). El efecto de la suplementación sobre las concentraciones de AG en la leche depende de la cantidad, tipo de grano, procesamiento y método de conservación (Boivin *et al.*, 2013; Khan *et al.*, 2012; Mohammed *et al.*, 2010; Rego *et al.*, 2008). Los suplementos como los granos de cereales como el maíz grano húmedo (MGH) y forrajes conservados como el ensilaje de pradera y ensilaje de maíz se consideran otra fuente de oleico (cis-9, C18:1), C18:2n-6 y 18:3n-3 para vacas lecheras y la cantidad y el tipo de suplemento ofrecido podría modificar las concentraciones de AG en leche (Chilliard *et al.*, 2001). A nivel nacional, Rojas-Garduño (2015) evaluó el efecto del nivel de oferta de pradera, tipo de ensilaje y cantidad de suplemento ofrecido en otoño sobre el perfil de ácidos grasos en la leche. En estos estudios se ha observado que la oferta de pradera no modificó la concentración de los distintos ácidos grasos en la leche durante la primavera, mientras que en otoño redujo las concentraciones de ácidos grasos saturados durante una de dos temporadas de evaluación. Al comparar los suplementos, el ensilaje de maíz disminuyó las concentraciones

nes de ácido vaccénico (trans-11 C18:1 TVA), cis-9 trans-11 CLA, ácido linolénico (C18:3n:3) y AGPI en comparación al ensilaje de pradera; mientras que la suplementación con maíz grano húmedo aumentó la concentración de AG monoinsaturados (AGMI), AGPI y disminuyó la concentración de AGS en la leche, en comparación al EM. Por otro lado, se han observado interacciones entre el nivel de oferta de pradera y la cantidad de suplemento ofrecido (en este caso ensilaje de maíz) sobre la concentración de AGPI. Por lo tanto, resulta interesante estudiar cómo el manejo del pastoreo, regulado por la ODP, y el tipo y cantidad de suplemento acorde a las diferentes estaciones de pastoreo podría modificar la composición de la leche.

Por otra parte, un desafío constante es mejorar y optimizar el perfil de ácidos grasos de la leche reduciendo los ácidos grasos saturados dañinos (12:0, 14:0 y 16:0) y los ácidos grasos trans y mejorando los ácidos polinsaturados de la serie n-3, el ácido ruménico y el ácido vaccénico. Al respecto, la inclusión de compuestos secundarios en la dieta de los rumiantes, como por ejemplo los taninos (ver Morales y Ungerfeld, 2015) que podrían modular la bioidrogenación ruminal y optimizar el perfil de ácidos grasos en leche. Al respecto, el estudio de los compuestos secundarios y sus alcances dentro de la alimentación de los rumiantes avizora un importante desafío para los equipos de investigación nacionales.

Por otra parte, la correcta identificación de los ácidos grasos –incluyendo un completo análisis de los ácidos grasos trans– debe ser considerado en los estudios que aborden la calidad nutricional de la leche (Aldai *et al.*, 2013). Además, limitada información existe en relación a otros constituyentes de la leche que se podrían utilizar para la agregación de valor de la leche y los productos lácteos, como por ejemplo las proteínas lácteas, los antioxidantes, los tocoferoles, entre otros.

En relación a la interacción genética animal y ambiente y su efecto sobre la calidad composicional de la leche, ha sido limitadamente considerada en estudios nacionales. Por lo tanto, se plantea como un desafío realizar estudios en esta área, debido a las diferentes condiciones nacionales en que se desarrolla la producción de leche en Chile. Asimismo, nuevos enfoques como la nutrigenómica y su efecto sobre la calidad nutricional de la leche deberían ser considerados en este ámbito de investigación.

Un área que tiene poco desarrollo es la investigación de las interacciones productivas (nutrición, genética y manejo) con el área de transformación y desarrollo de productos lácteos con el objetivo de generar lácteos funcionales. Sin bien existen algunos trabajos recientes que han estudiado las características nutricionales y sensoriales de quesos (Vargas-Bello-Pérez

et al., 2015a y b), los trabajos publicados en esta área aún son limitados, por lo que esta línea de trabajo tiene mucho potencial de desarrollo en los próximos años.

5.- Mejoramiento genético del ganado lechero

Es de general consenso que resulta esencial desarrollar una política de implementación de programas de mejoramiento genético a nivel país, lo cual permitiría detectar algunos aspectos donde haga falta investigación adicional específica a la realidad nacional.

Por ejemplo, y como consecuencia de la importación continua de germoplasma, ha ocurrido la absorción de genotipos adaptados a las condiciones locales. Estos últimos genotipos, aunque menos productivos, son portadores de genes de rusticidad “específicos” al medio donde han evolucionado y no es conveniente perderlos por absorción. Idealmente se debería pensar en amalgamar los genes de rusticidad existentes en el país con genes más productivos, esto en un equilibrio adecuado a nuestra realidad productiva. Lo anterior sólo sería posible realizarlo con estimación de mérito genético aditivo en condiciones locales.

La sustentabilidad y éxito de los sistemas productivos en base a praderas, dependerá fuertemente del biotipo del animal, el cual debe adaptarse a las condiciones de manejo y lograr convertir eficientemente el alimento en sólidos lácteos, presentando además un buen desempeño reproductivo.

Debido a la diversidad de razas y biotipos existente en nuestro país, resultaría de gran utilidad para la toma de decisiones, la realización de estudios que consideren el desempeño productivo a nivel predial, bajo diferentes sistemas de alimentación de las razas lecheras predominantes en nuestro país (Overo Colorado, Frisón Negro y Holstein Friesian) y aquellas que se están introduciendo y se estima tendrían un buen desempeño bajo nuestras condiciones de manejo, producto de las fuertes interacciones genotipo-ambiente que se han observado en el ganado lechero (Kolver et al., 2002). Este tipo de evaluaciones se ha realizado con frecuencia en otros países con producción de leche en base a praderas como Nueva Zelanda (López-Villalobos et al., 2000; Kolver et al., 2007) e Irlanda (Dillon et al., 2006) y algunas iniciativas en nuestro país (González et al., 2002; Mella, 2009).

Por otro lado, es bien conocida la influencia de la genética animal sobre la composición de la leche. Así, existen pocos trabajos que comparen las razas y biotipos nacionales. En este sentido, Dezamour (2013) comparó el perfil de ácidos grasos de Jersey, Holstein Friesian y Frisón Negro bajo condiciones de pastoreo. La parte molecular también ha sido considerada

en algunos estudios realizados en Chile. Un trabajo reciente evaluó la asociación entre los marcadores DGAT1, SCD1 y LEPR, obtenidos de vacas de diferentes razas lecheras (Jersey, Holstein Friesian, Frisón Negro, Overo Colorado y Montbeliarde), y el perfil de ácidos grasos de la leche bajo sistemas pastoriles del sur de Chile (Carvajal *et al.*, 2015). Por otra parte, también se estudiaron los polimorfismos en los genes Estearoyl CoA desaturasa y ácido graso sintasa y su efecto sobre el perfil de ácidos grasos en Frison Negro chileno (Inostroza *et al.*, 2013). Los marcadores estudiados regulan las principales enzimas de la glándula mamaria que participan y controlan el proceso que permite la elongación y esterificación de los ácidos grasos, el ensamble de los triglicéridos y la formación y secreción de gotas de grasa que finalmente son secretadas a la leche (Shingfield *et al.*, 2010).

Referencias

- Aguilar, C. *et al.* 2014. "A Comparative Study of the Fatty Acid Profiles in Commercial Sheep Cheeses". *Grasas y aceites* 65(4): e048.
- Aldai, N. *et al.* 2013. "What Are the Trans Fatty Acids Issues in Foods After Discontinuation of Industrially Produced Trans Fats? Ruminant Products, Vegetable Oils, and Synthetic Supplements". *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 115(12): 1378-1401.
- Anrique, R. 2011. *Análisis de Características del consumo de nueve predios bajo monitoreo en dos escenarios pluviométricos*. Plan de Desarrollo Lechero Watt's. Publicación N°1, Año 2.
- Arique, R. *et al.* 2014. *Composición de alimentos para el ganado bovino*. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Producción Animal. Valdivia, Chile. 87 p.
- Aviléz, J. P. *et al.* 2012. "Effect of Extruded Whole Soybean Dietary Concentrate on Conjugated Linoleic Acid Concentration in Milk in Jersey Cows Under Pasture Conditions". *Spanish J. Agric. Res.* 10(2): 409-418.
- Aviléz, J. P., G. von Fabeck y M. Alonzo. 2013. "Conjugated Linoleic Acid Content in Milk of Chilean Black Friesian Cows Under Pasture Conditions and Supplemented With Canola Seed (*Brassica napus*) Concentrate". *Spanish J. Agric. Res.* 11(3): 747-758.
- Balocchi, O. A. y López, I. F. 2009. "Herbage Production, Nutritive Value and Grazing Preference of Diploid and Tetraploid Perennial Ryegrass Cultivars (*Lolium perenne L.*)". *Chil. J. Agric. Res.* 69:331-339.
- Bargo, F. *et al.* 2003. "Invited Review: Production and Digestion of Supplemented Dairy Cows on Pasture". *J. Dairy. Sci.* 86:1-42.
- Bargo F. *et al.* 2006. Milk Fatty Acid Composition of Dairy Cows Grazing at Two Pasture Allowances and Supplemented with Different Levels and Sources of Concentrate". *Animal Feed Science and Technology* 125:17-31.
- Barrientos, L. 2012. *Efecto de la suplementación con nabo forrajero (*Brassica rapa L.*) o concentrado sobre la respuesta productiva y metabólica de vacas lecheras en pastoreo estival*. Tesis Magíster en Ciencias, mención en Salud Animal. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile.
- Barry, T. N. 2013. "The Feeding Value of Forage Brassica Plants for Grazing Ruminant Livestock". *Animal Feed Science and Technology* 181:15-25.
- Bauman, D. E. y J. M. Griinari. 2003. "Nutritional Regulation of Milk Fat Synthesis". *Annu. Rev. Nutr.* 23:203-227.

- Bauman, D. E. et al. 2008. "Regulation of Fat Synthesis by Conjugated Linoleic Acid: Lactation and the Ruminant Model". *J. Nutr.* 138(2): 403-409.
- Bauman, D. E., K. J. Harvatine y A. L. Lock. 2011. "Nutrigenomics, Rumen-Derived Bioactive Fatty Acids and the Regulation of Milk Fat Synthesis". *Annu Rev Nutr.* 31: 299-319.
- Boivin, M., R. Gervais y P. Y. Chouinard. 2013. "Effect of Grain and Forage Fractions of Corn Silage on Milk Production and Composition in Dairy Cows". *Anim* 7:245-254.
- Bryant, R. H. et al. 2014. "Effect of Grazing Management on Herbage Protein Concentration, Milk Production and Nitrogen Excretion of Dairy Cows in Mid-Lactation". *Grass and Forage Science* 69:644-654.
- Butkuvienė, E. y R. Butkute. 2008. Effects of Pasture Improvement Measures on Sward Productivity, Botanical and Chemical Composition". *Žemės ūkio mokslai* 15:46-52.
- Calvache, I. 2009. *Variación anual de la concentración de proteína y grasa láctea en rebaños lecheros del centro y sur de Chile*. Tesis Magíster en Ciencias, Mención Producción Animal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.
- Carvajal A. M. et al. 2015. "Milk Fatty Acid Profile Is Modulated by DGAT1 and SCD1 Genotypes in Dairy Cattle on Pasture and Strategic Supplementation". *Genetics and Molecular Research* (Submitted).
- Cerón J. y J. Correa. 2005. "Factores nutricionales que afectan la composición de la leche". En: Pabón, M. y J. Ossa (ed.) *Bioquímica, nutrición y alimentación de la vaca*. Editorial Biogénesis. Medellín. pp. 229-261.
- Chilliard Y., A. Ferlay y M. Doreau. 2001. "Effect of Different Type of Forages, Animal Fat or Marine Oils in Cow's Diet on Milk Fat Secretion and Composition, Especially Conjugated Linoleic Acid (CLA) and Polyunsaturated Fatty Acid". *Livest Prod Sci* 70:31-48.
- Clark, D. A. y S. L. Woodward. 2007. "Supplementation of Dairy Cows, Beef Cattle and Sheep Grazing Pasture". En: Rattray, P. V. I. M. Brookes y A. M. Nicol. *Pasture and Supplements for Grazing Animals*. New Zealand Society of Animal Production. Occasional publication. No. 14. pp. 117-133.
- Crumb, D. J. 2011. "Conjugated Linoleic Acid (CLA)-An Overview". *Int. J. Appl. Res. Nat. Prod.* 4(3): 12-18.
- Dezamour, J. M. 2013. *Efecto de la raza y genotipo sobre la composición grasa de la leche en rebaños lecheros de la región de Los Ríos*. Tesis de Magíster en ciencias Mención Producción Animal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. 69 p.
- Dillon, P. et al. 2006. *The Effect of Holstein-Friesian Genotype and Feeding System on Selected Performance Parameters of Dairy Cows On Grass-Based Systems of Milk Production in Ireland*. Final Report Project n° 4985. Teagasc Moorepark Dairy Production Research Center, Fermoy, Co. Cork, Ireland 59 p.
- Dilzer, A. y Y. Park. 2012. "Implication of Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Human Health". *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 52:488-513.
- García, S. C., W. J. Fulkerson y S. U. Brookes. 2008. "Dry Matter Production, Nutritive Value and Efficiency of Nutrient Utilization of a Complementary Forage Rotation Compared to a Grass Pasture System". *Grass and Forage Science* 63:284-300.
- González, V. H. et al. 2002. "Comparación de diferentes cruzamientos entre Frisón Negro chileno con Frisón neozelandés y Holstein americano". *Archivos de zootecnia* 51:303-314.
- Hampton, J., P. Kemp y J. White. 1999. "Pasture Establishment". En: White, J. y J. Hodgson (eds). *New Zealand Pasture and Crop Science*. Oxford University Press. Auckland, NZ. pp. 101-116.
- Heard, J.W. et al. 2012. "The Impact of System Changes to a Dairy Farm in South-West Victoria: Risk and Increasing Profitability". *Animal Production Science* 52:557-565.
- Hegarty, R. S. 2012. "Livestock Nutrition a Perspective on Future Needs in a Resource-Challenged Planet". *Animal Production Science* 52:406-415.

- Hernández-Ortega, M., et al. 2014. "Effect of Total Mixed Ration Composition and Daily Grazing Pattern on Milk Production, Composition and Fatty Acids Profile of Dairy Cows". *J Dairy Res.* 81:471-478.
- Instituto Nacional de Estadística, Gobierno de Chile (INE). 2007. *VII Censo Nacional Agropecuario 2007*. Santiago, Chile.
- Inostroza, K. B., E.S. Scheuermann y N. Sepúlveda. 2013. "Stearoyl CoA Desaturase and Fatty Acid Synthase Gene Polymorphisms and Milk Fatty Acid Composition in Chilean Black Friesian Cows". *Rev. Colomb. Ciencias Pecu.* 26:263-269.
- Jiao, H. P. et al. 2014. "Effect of Concentrate Feed Level on Methane Emissions from Grazing Dairy Cows". *J. Dairy Sci.* 97:7043-7053.
- Kalač, P. y E. Samková. 2010. "The Effects of Feeding Various Forages on Fatty Acid Composition of Bovine Milk Fat: A Review". *Czech J. Anim. Sci.* 55:521-537.
- Keim, J. P. y R. Anrique. 2011. "Nutritional Strategies to Improve Nitrogen Use Efficiency by Grazing Dairy Cows". *Chilean Journal of Agricultural Research* 71:623-633.
- Keim, J. P. et al. 2013. "In situ Rumen Degradation Kinetics as Affected by Type of Pasture and Date of Harvest". *Scientia Agricola* 70:405-414.
- Keim, J. P., I. F. López y R. Berthiaume. 2014. "Nutritive Value, in vitro Fermentation and Methane Production of Perennial Pastures as Affected by Botanical Composition Over a Growing Season in the South of Chile". *Animal Production Science* 54:598-607.
- Keim, J. P., I. F. López y O. A. Balocchi. 2015. "Sward Herbage Accumulation and Nutritive Value as Affected by Pasture Renovation Strategy". *Grass Forage Sci.* 70:283-295.
- Kennedy, E. et al. 2008. "Effect of Herbage Allowance and Concentrate Supplementation on Dry Matter Intake, Milk Production and Energy Balance of Early Lactating Dairy Cows". *LivestSci* 117:275-286.
- Khan, N. A. et al. 2012. "Causes of Variation in Fatty Acid Content and Composition in Grass and Maize Silages". *Anim Feed SciTechnol* 174:36-45.
- Kolver, E. S. et al. 2002. "Total Mixed Rations versus Pasture Diets: Evidence for a Genotype x Diet Interaction in Dairy Cows Performance". *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 62:246-251.
- Kolver, E. S. et al. 2007. "Extending Lactation in Pasture-Based Dairy Cows: I. Genotype and Diet Effect on Milk and Reproduction". *Journal of Dairy Science* 90:5518-5530.
- Lock, A. L. y D. E. Bauman. 2004. "Modifying Milk Fat Composition of Dairy Cows to Enhance Fatty Acids Beneficial to Human Health". *Lipids* 39(12): 1197-1206.
- López, I. F. y I. Valentine. 2003. "Rol de la diversidad praterse y de los grupos funcionales de especies sobre la condición de la pradera y su estabilidad". *Agro Sur* 31:60-76.
- Mella, C. 2009. *Eficiencia biológica de vacas lecheras Holstein Neozelandés y F1 (Jersey x Holstein Neozelandés) en pastoreo en dos etapas de la lactancia*. Tesis Magister en Ciencias, Mención Producción Animal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. 114 p.
- Mohammed, R. et al. 2010. "Effect of Grain Type and Processing Method on Rumen Fermentation and Milk Rumenic Acid Production". *Anim* 4, 8: 1425-1444.
- Morales, Á. et al. 2014. "Productive and Metabolic Response to Two Levels of Corn Silage Supplementation in Grazing Dairy Cows in Early Lactation During Autumn". *Chil. J. Agric. Res.* 74:205-212.
- Morales, R. et al. 2015. "A Comparison of Milk Fatty Acid Profile Among Three Different Dairy Production Systems in the Los Ríos Region, Chile". *Arch. Med. Vet.* 47 (in press).
- Morales, R. y E. M. Ungerfeld. 2015. "Use of Tannins to Improve Fatty Acids Profile of Meat and Milk Quality in Ruminants : A Review". *Chil. J. Agric. Res.* 75(2): 239-248.

- Muñoz, C. et al. 2015. "Effects of Concentrate Supplementation on Enteric Methane Emissions and Milk Production of Grazing Dairy Cows". *Livestock Science* 175:37-46.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2015. *Boletín de la leche: producción, recepción, precios y comercio exterior*. Ministerio de Agricultura, Chile.
- Parga, J. et al. 2009. "Summer Supplementation of Grazing Dairy Cows with Forage Turnip (*Brassica rapa L.*)". *XXXIV Congreso anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal*. Chile, Pucón, 21 - 23 Octubre 2009. pp. 66-67.
- Palladino, R. A. et al. 2009b. "Fatty Acid Intake and Milk Fatty Acid Composition of Holstein Dairy Cows Under Different Grazing Strategies: Herbage Mass and Daily Herbage Allowance". *J. Dairy Sci.* 92:5212-5223.
- Pérez, L., R. Anrique y H. González. 2007. "Factores no genéticos que afectan la producción y composición de la leche en un rebaño de pariciones de la décima región de los Lagos, Chile". *Agric. Tec.* 67:39-48.
- Pérez-Prieto, L. A. y R. Delagarde. 2013. "Meta-Analysis of the Effect of Pasture Allowance on Pasture Intake, Milk Production, and Grazing Behavior of Dairy Cows Grazing Temperate Grasslands". *J. Dairy Sci.* 96-10: 6671-6689.
- Peyraud, J. L., y R. Delagarde. 2013. "Managing Variations in Dairy Cow Nutrient Supply Under Grazing". *Anim.* 7:57-67.
- Pinto, M. et al. 2002. "Efecto estacional y del área geografica en la composición de ácidos grasos en la leche de bovinos". *Agro Sur* 30 (2): 75-90.
- Poff, J. A., O. A. Balocchi y I. F. López. 2011. "Sward and Tiller Growth Dynamics of *Lolium perenne L.* As Affected by Defoliation Frequency During Autumn". *Crop Pasture.Sci* 62:346-354.
- Pulido, R. G. et al. 2009. "Effect of the Level of Concentrate Supplementation on the Productive Response of Dairy Cows on Spring Grazing Receiving a High Herbage Allowance". *Archivos de Medicina Veterinaria* 41:197-204.
- Pulido, R. G. et al. 2010. "Impact of Increasing Grain Feeding Frequency on Production of Dairy Cows Grazing Pasture". *Livest.Sci.* 125:109-114.
- Pulido, R. G. et al. 2015. Effect of Timing of Pasture Allocation on Production, >, and Metabolism of Early Lactating Dairy Cows During Autumn". *Livestock Science* 177:43-51.
- Prendiville, R., K. M. Pierce y F. Buckley. 2009. "An Evaluation of Production Efficiencies Among Lactating Holstein-Friesian, Jersey, and Jersey x Holstein-Friesian Cows at Pasture". *Journal of Dairy Science* 92:6176-6185.
- Ramírez, M. et al. 2014. "Dinámica vegetal de praderas sembradas con especies nativas y naturalizadas con y sin aplicación de fertilizante". *Agrosur* 42:3-14.
- Rego, O. A. et al. 2008. Effects of Grass Silage and Soybean Meal Supplementation on Milk Production and Milk Fatty Acid Profiles of Grazing Dairy Cows". *J. Dairy Sci.* 91:2736-43.
- Roca-Fernández, A. I. et al. 2012. "Short Communication. Effect of Forage Source (Grazing vs. Silage) on Conjugated Linoleic Acid Content in Milk Fat of Holstein-Friesian Dairy Cows from Galicia, Spain". *Spain J. Agric. Res.* 10 (1) 116-122.
- Rojas-Garduño, M. A. 2015. *Relaciones entre oferta de pradera, suplementación con ensilaje de maíz sobre el perfil de AG en la leche de vacas en pastoreo de primavera y de otoño*. Tesis Doctoral. Doctorado en Ciencias Veterinarias. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile.
- Ruiz-Albarrán, M. et al. 2012. Effect of Increasing Pasture Allowance and Grass Silage on Animal Performance, Grazing Behavior and Rumen Fermentation Parameters of Dairy Cows in Early Lactation During Autumn". *Livestock Science* 150:407-413.

- Ruxton, C. H. S. *et al.* 2004. "The Health Benefits of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids: A Review of the Evidence". *J. Hum. Nutr. Diet.* 17(5): 449-459.
- Shingfield, K. J. *et al.* 2010. "Role of Trans Fatty Acids in the Nutritional Regulation of Mammary Lipogenesis in Ruminants". *Animal* 4(7): 1140-1166.
- Schöbitz, J. *et al.* 2013. "Effect of Increasing Pasture Allowance and Concentrate Supplementation on Animal Performance and Microbial Protein Synthesis in Dairy Cows". *Arch. Med. Vet.* 45:247-258.
- Stockdale, C. R. *et al.* 2003. Influence of Pasture and Concentrates in the Diet of Grazing Dairy Cows on the Fatty Acid Composition of Milk". *J. Dairy Res* 70:267-276.
- Trevaskys, L. M., W. J. Fulkerson y K. S. Nandra. 2004. "Effect of Time of Feeding Carbohydrate Supplements and Pasture on Production of Dairy Cows". *Livestock Production Science* 85:275-285.
- Totty, V. K. *et al.* 2013. Nitrogen Partitioning and Milk Production of Dairy Cows Grazing Simple and Diverse Pastures". *Journal of Dairy Science* 96:141-149.
- Vargas-Bello-Pérez, E. *et al.* 2015a. "Short Communication: Chemical Composition, Fatty Acid Composition, and Sensory Characteristics of Chanco Cheese from Dairy Cows Supplemented with Soybean and Hydrogenated Vegetable Oils". *J. Dairy Sci.* 98(1): 111-117.
- Vargas-Bello-Pérez, E. *et al.* 2015b. "Influence of Fish Oil Alone or In Combination With Hydrogenated Palm Oil on Sensory Characteristics and Fatty Acid Composition of Bovine Cheese". *Anim. Feed Sci. Technol.* 205:60-68.
- Wijesundera, C. *et al.* 2003. "Effect of Cereal Grain and Fiber Supplements on the Fatty Acid Composition of Milk Fat of Grazing Dairy Cows in Early Lactation". *J. Dairy Res.* 70:257-265.

