RTS_X_2014_1_3













Título del Proyecto

Sistemas de producción de leche competitivos, sostenibles y simples: el desafío de la lechería uruguaya

Resumen Publicable

El proceso de intensificación de la lechería uruguayo durante los últimos 10 años ha derivado en sistemas de producción con niveles mayores de productividad, mejores resultados económicos, mayores costos, mayores requerimientos de inversión, niveles crecientes de complejidad (mayor exigencia sobre el capital humano) y mayor presión sobre los recursos naturales. Hasta qué punto se puede profundizar el proceso de intensificación con buenos resultados bioeconómicos, en equilibrio con el ambiente y con el capital humano constituye una pregunta central para la industria lechera uruguaya en su conjunto.

El análisis del problema debe integrar que Uruguay es un país netamente exportador, por lo que los aspectos relacionados a cantidad y tipo de sólidos producidos, salud y bienestar animal, gestión de los residuos y control de los costos de producción son centrales en la competitividad de los sistemas de producción y de la cadena láctea en su conjunto. Como estrategia de trabajo se propone la creación de una Red Sectorial de Innovación público-privada que aborde el problema desde 4 perspectivas integradas: a) Estrategias de alimentación: una mirada integral al potencial animal de vacas lecheras en pastoreo, b) Carga animal: buscando el punto de equilibrio entre producción de biomasa y producción de leche según biotipo y región, c) Indicadores reproductivos y de bienestar animal a nivel de sistema: tipo lechero, manejo animal, y alimentación como factores de riesgo y d) Análisis y re-diseño de sistemas de producción: integración de investigación analítica y sistémica. El proyecto prevé inversión en nueva infraestructura y equipamiento de investigación a escala comercial, de manera de generar las capacidades necesarias para dar respuesta a la problemática planteada. La hipótesis central del proyecto está centrada en la factibilidad bio-económica de una intensificación productiva sustentable.

Descripción del Problema y Pertinencia de la Asociación

Descripción del problema

La lechería uruguaya ante cambios en la condiciones de competencia con otras actividades agrícolas y el aumento en el precio de la tierra (DIEA, 2011) ha incrementado sostenidamente la productividad. En las últimas décadas, el sector lechero uruguayo ha crecido a tasas del orden del 5 % anual (DIEA 2009). Este ritmo sostenido de crecimiento se ha acelerado en los últimos 6 años con tasas de crecimiento del orden del 7 % anual (INALE, 2013). Este proceso de crecimiento se ha basado fundamentalmente en aumentos de productividad (litros por hectárea) dado que la superficie lechera se ha reducido un 10 % durante el período (DIEA, 2009). La productividad por vaca es el factor que en forma individual explica una mayor proporción del crecimiento (> 60 %) mientras que el aumento de carga animal explica un 25-30 % del incremento en productividad del sector. Esta estrategia de intensificación de la producción de leche en Uruguay se ha basado en un incremento significativo en el uso de concentrados y reservas de forraje (DIEA, 2009) mientras que la cosecha directa de forraje por parte de los animales ha permanecido sin cambios significativos (Chilibroste et al., 2011). Este modelo de intensificación de la lechería uruguaya ha sido muy exigente en los niveles de inversión requeridos fundamentalmente en los procesos de alimentación (Mixer, playas de alimentación), capacidad de ordeñe, infraestructura (caminería, corrales, riego), gestión de efluentes y manejo del ganado. Estimaciones realizadas en el marco del proyecto de costos de Conaprole (Artagaveytia, sp.) demuestran que en los últimos 3 ejercicios entre el 50 y el 75 % de ingreso de capital de los tambos ha sido re-invertido en activos (infraestructura y animales). El proceso de intensificación también ha generado cambios significativos en el área de RRHH aumentando significativamente las exigencias de capital humano calificado y niveles mayores de complejidad en la organización del trabajo. Las dificultades para acceder y luego retener mano de obra calificada es una las primeras restricciones marcadas por los productores de leche para sostener crecimientos futuros y/o para introducir innovaciones en los sistemas (encuesta innovación ANII, 2013). La problemática de capacitación y formación de capital humanos está instalada en toda la cadena láctea (al igual que en otras cadenas agroalimentarias). En términos generales el proceso de intensificación ha derivado en sistemas de producción con niveles mayores de productividad, mejores resultados económicos, mayores costos, mayores requerimientos de inversión, niveles crecientes de complejidad, y mayor presión sobre los recursos naturales.

Una pregunta central en esta trayectoria es hasta donde se puede profundizar el proceso de intensificación con buenos resultados bio-económicos, en equilibrio con el ambiente y con sistemas operables con el capital humano actual.

Adicionalmente, los sistemas que están en la frontera productiva están sin respuestas claras desde el punto de vista tecnológico. Han recorrido en forma exitosa un proceso de intensificación que los interpela desde el punto de vista de su sostenibilidad en el largo plazo y de su estabilidad frente a escenarios climáticos y de mercado muy cambiantes.

Los sistemas de producción más intensivos siguen siendo muy competitivos a nivel internacional teniendo Uruguay unos de los costos de producción de leche más bajos a nivel internacional (IFCN, 2013). El bajo costo de producción de los sistemas uruguayos se explican porque la participación del forraje (cosecha directa más reservas) en la dieta de los animales sigue

manteniendo un nivel relativamente alto (Chilibroste, 2011). El re-diseño de los sistemas requiere cambios en la estrategia de alimentación, en el manejo de los animales y de la pastura. Evaluar cómo se afectan las variables de respuesta al modificar estos aspectos es de preocupación en la industria lechera. El análisis del problema debe integrar que Uruguay es un país netamente exportador (más del 60 % de la leche producida) por lo que los aspectos relacionados a cantidad y tipo de sólidos producidos, salud y bienestar animal, gestión de los residuos (en sala de ordeñe y playas de alimentación) y control de los costos de producción son centrales en la competitividad de los sistemas de producción y de la cadena láctea en su conjunto.

¿Es factible combinar alta producción y persistencia de pasturas con eficiencia productiva integral, en términos de capital humano, variables productivas (incluida calidad del producto), reproductivas, salud y bienestar animal?

Es necesario sentar las bases y generar las herramientas necesarias que permitan estudiar los pilares de eficiencia – aspectos amplios e integrados- de los sistemas de producción, y generar conocimiento respecto a los principales componentes que le dan competitividad al sistema. La problemática es compleja y la investigación llevada adelante en general se ha concentrado principalmente en la mejora de la alimentación para maximizar la producción. Han predominado los enfoques reduccionistas con falta de una visión integral de la problemática y en general sin integrar a los protagonistas del sector primario de la industria láctea. La información no ha llegado a tiempo al sector productivo, o más aún genera lineamientos que no permiten predecir el comportamiento del sistema de producción frente a decisiones estratégicas. La Red Sectorial de Innovación se conforma con el objetivo de dar respuestas sólidas, basadas en información científica proveniente de experimentos de mayor alcance, en información obtenida a nivel comercial y experimental, trabajando en red con los profesionales que ofrecen servicios a nivel comercial. La propuesta implica un cambio metodológico de interacción asociativa de actores del sector para llevar funciones en investigación y extensión en forma conjunta.

Pertinencia de la asociación

En este marco, se plantea un *programa de investigación y transferencia tecnológica a largo plazo* con la **hipótesis de que es factible una intensificación productiva sustentable** basada en mayor productividad individual y aumentos de carga, sostenidos en estrategias diferenciales de alimentación durante la lactancia y en una base forrajera productiva y persistente.

Teniendo en cuenta que existen numerosos procesos biológicos interaccionando en las respuestas productivas, este proyecto propone un abordaje completo, integral, interdisciplinario e interinstitucional, combinando esfuerzos públicos y privados. En ese sentido, el grupo de investigación que respalda esta propuesta presenta antecedentes académicos con un enfoque holístico a la problemática de la vaca lechera sobre pastoreo controlado y una rica experiencia de vinculación con el sector productivo en proyectos de investigación, co-innovación y difusión. El proyecto requiere inversión en nueva infraestructura y equipamiento de investigación a escala comercial de manera de generar las capacidades necesarias para dar respuesta a las problemáticas planteadas.

Tanto a nivel internacional como nacional, se ha constatado que la mayor parte de la inversión en generación de conocimiento original de impacto no alcanza su finalidad, es decir, transformar la situación de partida que presenta limitantes para el desarrollo de la agroindustria. Los antecedentes de trabajo del grupo (ver punto III.2) así como los proyectos implementados

directamente por la contraparte (ej. Proyecto Producción Competitiva de CONAPROLE) han mostrado con claridad que la tecnología resultante de la generación de conocimiento conjunto entre profesionales que operan directamente con los predios lecheros y los investigadores, es rápidamente asumida por el sector. Las instituciones proponentes de esta Red Sectorial de Innovación hace más de 10 años que vienen acumulando experiencia y buenos resultados en proyectos ejecutados en régimen de alianzas y acuerdos de trabajo. Por otro lado, la intervención sobre los sistemas ha generado restricciones no previstas, las cuales provocan nuevas interrogantes o necesidades de comprensión. Estas alianzas que han sido formuladas por metas y proyectos concretos han sido algo rígidas en la búsqueda ágil de alternativas para situaciones emergentes del sector.

La constitución de la Red se propone con un actor privado (CONAPROLE), uno público-no estatal (INALE), una red regional (CRI Lechero del Litoral) y un actor público estatal (UdelaR). Se integran demandantes y generadores de conocimiento y se comprometen a accionar en forma conjunta. La presencia de CONAPROLE garantiza la adopción y uso de los productos generados en el marco del proyecto a nivel de la cuenca lechera. INALE como organización vertical dentro del complejo lechero permitirá la difusión de resultados al resto del complejo lechero así como la integración de los resultados a sus propios trabajos de análisis del sector primario y secundario. Es natural que el Consorcio Regional de Innovación (CRI – Lechero), que integra a PILI SA, CLALDY SA, INIA, LATU y la propia UdelaR para trabajos de innovación en el litoral uruguayo, forme parte de esta Red Sectorial de Innovación a nivel nacional y que comparta resultados y recursos tanto físicos como humanos. UdelaR, representada en este caso por las Facultades de Agronomía y Veterinaria, integrará un equipo importante de investigadores (más de 20) a la Red Sectorial de Innovación propuesta.

La dirección técnica de la RED estará conformada por representantes de la industria, productores, técnicos asesores y del sector académico. En éste se marcarán las prioridades del programa del trabajo cuyos resultados y conclusiones serán comunicados al medio por diversas vías institucionales y formatos comunicacionales. Los integrantes de este RED consideramos que constituye una alternativa innovadora en la búsqueda de respuestas sólidas a las nuevas preguntas y desafíos que surgen desde el sector productivo.

Antecedentes del equipo de trabajo en este tipo de propuestas

El equipo técnico estable de la Red contempla 13 investigadores de UdelaR y 6 profesionales de CONAPROLE E INALE. A este equipo se agregan las contrataciones previstas para llevar adelante el proyecto. Dentro de los investigadores de UdelaR hay 6 con formación de doctorado (3 Agronomía y 3 Veterinaria) y 6 con formación de maestría. Los investigadores de UdelaR tienen una historia importante de cooperación en diferentes áreas del conocimiento y se han nucleado recientemente en un grupo de investigación autodenominado SPL_uy (Sistemas de Producción de Leche _ Uruguay; CSIC). Los técnicos de CONAPROLE comprenden 2 responsables zonales y un coordinador de proyectos centrales de la cooperativa. Estos técnicos en su actividad normal están en contacto permanente con una red de unos 120 profesionales (agrónomos y veterinarios) que realizan ejercicio libre de la profesión así como con los productores remitentes a la cooperativa. INALE por su parte integra al Secretario Ejecutivo de la institución y dos técnicos con amplia experiencia en el análisis de sistemas de producción y desarrollo de proyectos en el área. Los técnicos de INALE por sus funciones, están en contacto permanente y analizando las

necesidades de toda la cadena láctea: productores, industria y estado. El análisis de los CVs del equipo técnico permanente de la Red, permite identificar una cobertura amplia y muy calificada de las áreas del conocimiento que se abordan en este proyecto. Adicionalmente un contacto permanente y de calidad con el sector productivo en diferentes niveles.

Se listan a continuación una serie de proyectos que dan cuenta de antecedentes de trabajo conjunto en torno a la resolución de problemas entre los actores proponentes de esta Red. Estos trabajos han sido realizados fundamentalmente en régimen de alianzas y los buenos resultados obtenidos han sido determinantes de la decisión de conformar la Red de Innovación Sectorial.

- 1. 2011 2013. Incorporación de las TICs en el proceso de gestión, monitoreo y control de sistemas pastoriles. Alianza UdelaR (FAGRO F. Ciencias) CONAPROLE Universidad de Buenos Aires ANII.
- 2. 2011 2013. Patrones de variación de la caseína en leche en el Litoral Noroeste: su relación con sistemas productivos y producto final. Alianza CRI ANII.
- 3. 2009 2011. Efecto de la edad y peso al parto sobre la performance productiva y reproductiva de vaquillonas Holando durante las 3 primeras lactancias. FAGRO (EEMAC) CSIC Sector Productivo (UdelaR).
- 4. 2007-2009. Uso de polimorfismos genéticos para la mejora de la fertilidad de la vaca lechera en condiciones pastoriles. Acuerdo de trabajo FVETERINARIA-INIA (FPTA 214).
- 5. 2008-2009. Efecto del biotipo lechero del Holando sobre parámetros productivos y reproductivos en condiciones pastoriles. FVETERINARIA-CSIC Sector Productivo (UdelaR).
- 6. 2003-2005. Proyecto Alimentación Reproducción. Acuerdo de trabajo FAGRO (EEMAC) CONAPROLE INIA (FPTA 155).
- 7. 2000-2010. Estrategias de Alimentación en Vacas Lecheras. Acuerdo de trabajo FAGRO (EEMAC) PILI SA y CLALDY SA.

Análisis de la Situación Actual

La RED se organiza en torno a 4 grandes problemas/componentes vinculados al problema discutido en la sección anterior:

- I. Estrategias de alimentación: una mirada integral al potencial animal de vacas lecheras en pastoreo
- II. Carga animal: buscando el punto de equilibrio entre producción de biomasa y producción de leche según biotipo y región.
- III. Indicadores reproductivos y de bienestar animal a nivel de sistema: Tipo lechero, manejo animal, y alimentación como factores de riesgo.
- IV. Análisis y re-diseño de sistemas de producción: integración de investigación analítica y sistémica.

Componente I: Estrategias de alimentación: una mirada integral al potencial animal de vacas lecheras en pastoreo. El consumo de MS en sistemas pastoriles es usualmente más bajo que en sistemas de confinamiento y podría ser insuficiente para sostener la alta producción de leche que podría lograrse con el potencial genético (Kolver y Muller 1998; Chilibroste et al., 2012a). En investigaciones nacionales el análisis de las curvas de lactancia (Chilibroste et al., 2002; Naya et al., 2002; Chilibroste et. al., 2011) sugiere que los animales no logran expresar su potencial

productivo, seguramente en respuesta al desacople entre requerimientos-oferta de nutrientes y ambiente productivo. Las curvas de lactancia resultan de la interacción entre efectos ambientales y la base forrajera de los tambos e involucran períodos de sub-nutrición del rodeo. Como forma de intervenir sobre este problema en los últimos años se ha evaluado el uso estratégico de dietas totales mezcladas (DTM) en lactancia temprana (Acosta, 2010; Chilibroste et al., 2011; Fajardo et al., 2012; Cajarville et al., 2012; Sprunck et al., 2012 a,b; Meikle et al., 2013). Los trabajos son concluyentes respecto al impacto de la inclusión de DTM sobre la producción de leche, grasa, proteína, variaciones de PV y CC al inicio de la lactancia (Meikle et al., 2013). Sin embargo, los resultados obtenidos hasta el momento son ambiguos en cuanto a la permanencia en el tiempo de los efectos logrados a inicio de la lactancia y sobre la viabilidad económica y ambiental de estas prácticas de alimentación. El uso de combinación de forraje fresco cortado con DTM (Cajarville et al. 2012) han mostrado efectos beneficiosos sobre consumo de materia seca y producción de leche con valores de inclusión de forraje fresco de hasta un 30 % de la materia seca total. A nivel nacional en lactancias tempranas se han evaluado DTM combinadas con diferentes estrategias de pastoreo suplementadas con DPM, encontrándose mejores resultados con DTM respecto a los sistemas mixtos con diferencias desde 5% hasta un 24% en producción de leche (Acosta et al., 2010; Fajardo et al., 2012; Meikle et al., 2012). Bargo et al., (2002) reportaron mayores producciones de vacas en DTM, intermedias para DPM y menores para pastoreo con concentrados por 21 semanas, disminuyendo estas diferencias a medida que avanza la lactancia entre los tratamientos DTM y mixtos. Esto destaca la importancia de investigar la eficiencia de los sistemas de alimentación mixtos con el pastoreo como alternativa a los sistemas totalmente estabulados relevando los efectos residuales durante toda la lactancia. Revisiones recientes a nivel internacional (ej. Wales et al., 2013) plantean los mismos desafíos. Es necesario generar investigación sobre tratamientos nutricionales en las que las DTM se ofrezca por períodos más prolongados (90 y 180 días) que los evaluados hasta el momento (40 - 60 días) y en diferentes momentos del año.

A la complejidad mencionada del sistema pastoril de producción de leche se le debe agregar la escasa comprensión del comportamiento ingestivo de la vaca lechera durante la transición. Esto es especialmente relevante debido a la depresión del consumo que ocurre en las últimas semanas previas al parto (Grummer 1995). Esta disminución del consumo durante la transición del estado preñada no lactante al no preñado lactante (período de transición) implica cambios dramáticos para la vaca, la cual debe adaptar su metabolismo a las fuertes exigencias que le demanda la producción (movilización de reservas corporales, es decir, el balance energético negativo, BEN). Los cambios en el metabolismo de los tejidos/órganos del organismo aseguran la uniformidad del flujo de nutrientes en apoyo de la lactancia (Bauman y Currie 1980). Esta partición de nutrientes es comandada por señales hormonales que en conjunto con los perfiles metabólicos pueden ser utilizados como herramientas predictivas del estado de salud de rodeo. Hemos caracterizado la evolución de estos perfiles endocrino-metabólicos durante el periparto y lactancia temprana acorde a la paridad, grado de reserva corporal, biotipo lechero y manejos nutricionales diferenciales antes o después del parto (Meikle et al., 2004; 2013; Cavestany et al., 2005, 2009; Adrien et al., 2012; Ruprechter et al., 2011, Pereira et al., 2010b, Astessiano et al., 2012). La gran movilización de reservas corporales se acompaña con una disminución de las hormonas anabólicas insulina e factor insulino-símil I (IGF-I) (Meikle et al., 2004, Cavestany et al., 2009, Pereira et al., 2010b, Adrien et al., 2012), consistente con la reducción de la ingesta y el BEN que caracteriza este período, favoreciendo así el catabolismo periférico que soporta a la lactancia. En ese estado fisiológico las vacas lecheras de alta producción tienen una utilización de nutrientes

por parte de la glándula mamaria superior a la del resto del cuerpo, a tal extremo que Brown (1969) ha sugerido que la vaca debe ser concebida como un apéndice de la ubre y no viceversa. Esta sub-alimentación al inicio de la lactancia no solo afecta la magnitud de la respuesta residual de producción en toda la lactancia, sino que agrava el desempeño reproductivo.

El aumento productivo ha provocado una disminución de los indicadores reproductivos; la información es consistente en señalar una disminución de 20 a 30% en las tasas de preñez desde la década del '60 al presente en diferentes países y un aumento de problemas reproductivos y sanitarios (Roche et al., 2000; Lucy 2001; Royal et al., 2002). En Uruguay, estudios en 200 mil lactancias, indicaron que el intervalo parto concepción aumentó de 131 a 150 días de 1997- 2001 a 2001-2005 (Rovere et al., 2007). Esto indica que la situación nacional actual no escapa a la de Holstein a nivel mundial, donde la selección por producción de leche ha afectado los índices reproductivos. Existe abundante debate respecto a éste antagonismo (producción-reproducción; Leblanc 2010), ya que la selección genética sólo explica una parte del progreso de la producción de leche mientras que el resto es atribuible a factores ambientales como alimentación, manejo, etc. Según Urioste (2012) el análisis de la evolución genética del intervalo inter parto (IIP) en la población Holando del Uruguay paralelamente al aumento de la producción de leche no evidencia, hasta el momento, signos genéticos de deterioro reproductivo, aunque si efectos ambientales marcados (250000 lactancias, 370 tambos, período 1995-2011). La fertilidad es un carácter complejo compuesto de varios sub-caracteres y el desafío reside en registrar todos estos datos y contar con buena seguridad de la calidad de los mismos. A pesar de estas dificultades y la baja heredabilidad de la fertilidad, recientemente varios países han implementado la inclusión de estos caracteres en programas de mejora genética, pasando de objetivos netamente productivos a caracteres más funcionales como los reproductivos (www.interbull.org), atenuando la caída en la misma.

La primer limitante reproductiva luego del parto en una vaca lechera es el anestro posparto; hemos reportado que una vaca que reinicie la ciclicidad ovárica rápidamente frente a otra que se encuentre en anestro en los primeros dos meses posparto presenta un alargamiento del intervalo parto primer servicio de 67 días (Meikle et al., 2010). En un relevamiento de aprox. 1000 vacas lecheras en diferentes tambos de nuestro país se reportó que en varios tambos el 60% de las vacas de primer parto se encontraban en anestro durante los primeros 3 meses posparto (Meikle et al., 2010), lo que hace inviable metas de una lactancia/año. La insulina y el IGF-I, hormonas anabólicas que disminuyen en el periparto y lactancia temprana contribuyendo así a la partición de nutrientes hacia la glándula mamaria, son las mismas hormonas que estimulan el desarrollo folicular y el reinicio a la ciclicidad ovárica luego del parto (Beam y Butler 1999). Trabajos nacionales han reportado de forma consistente la asociación de estas hormonas y reinicio de la ciclicidad ovárica (revisión, Meikle et al., 2013). En estudios donde se evaluó la producción de leche acorde a diferentes ofertas de forraje con DPM y DTM proporcionada ad libitum (Chilibroste et al., 2012b) se reportó que los tratamientos se reflejaron en parte en los perfiles metabólicos y endócrinos, siendo además consistente con la probabilidad de reinicio a la ciclicidad ovárica posparto (Meikle et al., 2013).

Por otro lado, es en el período de transición que se concentran las enfermedades metabólicas o tecnopatías de la producción de leche actual. Del equilibrio con que la vaca resuelva este proceso dependerá la capacidad de maximizar la producción de leche, evitar enfermedades metabólicas y asegurar la siguiente preñez. En estos períodos de BEN se observa una alta movilización de ácidos

grasos no esterificados (NEFAs) provenientes del tejido adiposo, que son captados por los tejidos, en particular por el hígado (Grummer 1995). El hígado sufre una gran cantidad de modificaciones en los períodos de BEN, se observa un aumento en el tamaño y actividad del órgano y una acumulación y metabolización de lípidos que puede resultar en el desarrollo de enfermedades tales como la lipidosis hepática y cetosis (McCarthy et al., 2010). En bovinos el acumulo de lípidos en el hígado puede deberse tanto al aumento en los NEFAs circulantes como a modificaciones en el metabolismo lipídico hepático. Estudios de genómica en vacas lecheras indican que el BEN modifica la expresión de un importante número de genes: entre estos de destacan varios genes de proteínas responsables de la β-oxidación de los ácidos grasos y de la oxidación peroxisomal de los ácidos grasos (McCarthy et al., 2010; Schlegel et al., 2012). Por otra parte, el aumento de NEFAs en el periparto se ve acompañado de un aumento en productos derivados de la oxidación no enzimática de lípidos y proteínas (Bernabucci et al., 2005) sugiriendo la existencia de estrés oxidativo en el organismo. Los oxidantes son moléculas muy reactivas formadas en los sistemas biológicos. En concentraciones bajas se encuentran involucradas en procesos de señalización, pero a concentraciones altas pueden afectar la función de diversas biomoléculas comprometiendo la viabilidad celular (Finkel y Holbrook 2000). La información al respecto en la vaca lechera bajo diferentes tratamientos nutricionales es nula.

Los cambios metabólicos en el periparto afectan además la competencia inmune, definida como la habilidad para resistir a la infección (Ingvartsen et al., 2003). Existe una inmunodeficiencia con evidente disminución de las globulinas plasmáticas y por el incremento de las patologías infecciosas reproductivas, mamarias, podales (Blowey 2005). La alteración de los mecanismos de resistencia inmune e innata que comienzan aproximadamente a las 3 semanas antes del parto, es máxima al parto y continúa hasta las 3 semanas posparto (Mallard et al., 1998). La funcionalidad de los neutrófilos está disminuida durante el período periparto y que esto contribuye al incremento de la incidencia de mastitis y metritis posparto (Nagahata y col, 1988; Kehrli y col, 1989). El acumulo de triacilglicéridos en el hígado por la lipólisis masiva puede deprimir la secreción de proteínas inmunes (Ingvartsen et al., 2003). Por otra parte, la movilización grasa del periparto puede afectar incluso el tejido adiposo de amortiguación del pie, predisponiendo a lesiones como úlceras de suela y enfermedad de línea blanca (Bicalho et al., 2009; Alawneh et al., 2011). Existen varios indicadores que han sido sugeridos para monitorear el sistema inmune y la respuesta inflamatoria del animal además de la formula leucocitaria, como las proteínas de fase aguda tales como la haptoglobina (Eckersall, 1995). Esta proteína puede ser utilizada como marcador temprano de metritis clínica posparto, debido a que las vacas con mayor concentración sanguínea en el posparto, tienen mayor riesgo de presentar esta enfermedad (Huzzey et al., 2009). Así mismo, cojeras asociadas a desórdenes de pezuñas y capacidad de locomoción de las vacas lecheras han sido asociadas con reacciones agudas sistémicas con elevación de la haptoglobina (Leblanc et al., 2006). Por otro lado, las citocinas son los principales reguladoras del sistema inmune que conforman la respuesta inmune innata y adaptativa. Las citocinas inflamatorias están también implicadas en la respuesta a los cambios metabólicos en el período de transición en vacas lecheras (Sordillo et al., 1995). Las vacas que desarrollan metritis en el posparto tienen una disminución en la expresión de citocinas pro-inflamatorias [factor de necrosis tumoral (TNF-a), IL-1B e IL-6] cuando los monocitos son estimulados lo que puede determinar una pobre quimiotasis y activación de los neutrófilos y monocitos, aumentado la predisposición a la metritis (Galvão et al., 2012). La concentración de interleucina 10 (IL-10) ha sido utilizada como marcador pronóstico para identificar vacas en riesgo de enfermar (Islam et al., 2013). En Uruguay, la generación de conocimiento al respecto es casi nula. En los predios o no se llevan

registros de las diferentes patologías de las vacas lecheras o si se llevan, raramente son analizados; no existe una base de datos nacional al respecto. Hemos reportado el efecto de la categoría animal sobre las globulinas plasmáticas (Cavestany et al., 2005) que se refleja en la disminución de las proteínas totales (Adrien et al., 2012; Meikle et al., 2013). La baja concentración de anticuerpos en esta etapa puede afectar el diagnóstico de ciertas enfermedades como hemos demostrado con el caso de la Leucosis bovina enzoótica (Rama et al.,, 2012): la existencia de falsos negativos desde 20 días antes hasta 60 días luego del parto con kits comerciales aprobados por la USDA y utilizados en nuestro país, indica que se debe evitar tomar muestras para diagnóstico serológico de enfermedades infecciosas en este período, al menos para Leucosis bovina. Además de las consideraciones respecto al diagnóstico, la inmunosupresión existente en este período podría modificar la carga de posibles patógenos presentes en la madre durante el periparto, es decir, el animal podría perder la capacidad de controlarlos, reactivando la infección y originando como consecuencia un aumento de su carga con las consecuencias obvias en el propio animal y en el rodeo. Si bien se ha reportado que las reservas corporales, la paridad y el manejo (por ej. frecuencias de ordeñe en la primer semana posparto) afectan diferencialmente la incidencia de enfermedades (Seifi et al., 2011), (Galvão et al., 2012), se desconoce los factores de riesgo en nuestros sistemas de producción. Conocer que indicadores reflejan con mayor fidelidad el bienestar animal y/o la predicción de riesgo de aparición de enfermedad de rodeo y como los factores de riesgo como manejo animal, alimentación y categoría animal inciden en las mismas es esencial para prevenir las pérdidas de la producción de leche durante el curso de la enfermedad y/o durante la lactación completa (Drackley 1999). Finalmente, a la presión por producción, a las grandes variaciones en la disponibilidad de diferentes tipos de granos y la inestabilidad de los precios, se le suma el aumento de escala de los tambos, contribuyendo con los factores de riesgo que desencadenan varias de éstas enfermedades (caminatas, largos períodos de permanencia sobre cemento). La clínica individual carece de efecto preventivo y representa un enfoque erróneo de la problemáticas sanitarias. Cuando las vacas se enferman, la leche ya se perdió y la intervención clínica -si bien necesaria- supone un esfuerzo tardío que en ocasiones tiene un magro impacto en controlar las pérdidas económicas que representan estas patologías (Ramos, 2007). Además, la buena imagen de la industria láctea pastoril asociada al bienestar animal y productos saludables se ve comprometida por la presencia de enfermedades en los rodeos lecheros actuales.

Finalmente, la industria láctea internacional se ha focalizado en la valorización e innovación de productos por las propiedades de algunos componentes lácteos en la promoción de aspectos saludables y terapéuticos de la leche (Bauman et al., 2006). La investigación nacional respecto a calidad de leche en Uruguay se ha 2006). La investigación nacional respecto a calidad de leche en Uruguay se ha limitado a los términos porcentuales de los grandes componentes de la leche (proteína y grasa), y no a la maximización de estos componentes nutracéuticos de forma natural, es decir, hoy, el agregado de alguno de estos elementos es netamente a nivel industrial. Generar información respecto de cómo se afecta la calidad de leche es de gran interés tanto para la salud de los consumidores así como para el posicionamiento de Uruguay como país exportador de lácteos frente a un mercado internacional competitivo y fluctuante. La composición de ácidos grasos (AG) puede ser modificada especialmente por la alimentación (Palmquist et al., 1993) y esto podría proveer de un perfil más beneficioso para el humano. Como por ejemplo, el acido linoleico conjugado (CLA) tiene diferentes propiedades como antioxidante, inhibición de la carcinogénesis y de la aterogénesis, mejoradores de la capacidad del sistema inmune, prevención de la obesidad, efectos antidiabéticos y mejoras en la mineralización ósea (Pariza et al., 2001).

Recientemente, hemos demostrado que las reservas corporales (en términos de condición corporal) afectan la producción de leche corregida por grasa (Adrien et al., 2012), así como también de ácidos grasos polinsaturados (PUFA), como los omega 3 (n-3) y CLA conocidos por su rol beneficioso en la salud humana (Artegoitia et al., 2012); esta composición se asoció a concentraciones de insulina diferenciales acorde a la reservas corporales (Artegoitia et al., 2012). Por otro lado, se ha demostrado que el aumento en la ingesta de la pastura fresca resulta en un aumento de 2 a 3 veces en el contenido CLA en la leche (Stanton et al., 1997; Kelly et al., 1998); y esto posiciona a nuestro sistema pastoril de producción de leche de forma ventajosa a nivel internacional. Sin embargo, no hemos encontrado reportes nacionales que analicen los cambios en términos de contenido de caseínas y ácidos grasos bajos sistemas de alimentación contrastantes. Mas aún, se desconocen los cambios en composición de leche cuando vacas en sistemas de alimentación de ración totalmente mezclada, pasan a un pastoreo diurno.

Si bien se han introducido modalidades de producción a corral/estabulación o semi-estabulación a los diferentes sistemas de producción de leche pastoril con distintos grados de suplementación ya existentes en nuestro país, la comprensión de los procesos biológicos –esencialmente metabólicos- subyacentes que impactan los resultados productivos, reproductivos o vinculados a la salud animal en ambos sistemas de producción contrastantes es escasa a nula. A éstos eventos, se le debe agregar los gastos energéticos diferenciales de vacas en pastoreo vs estabulación. La actividad de pastoreo implica diversos trabajos musculares con diferentes costos energéticos según su intensidad y duración donde se destacan la cosecha de forraje, y la caminata dentro de la propia parcela y entre ésta y el ordeñe. La actividad de pastoreo a altas tasas de bocados es el componente de actividad de mayor costo energético y el de mayor incidencia en el mantenimiento del animal en pastoreo (Di Marco 1998). Kaufmman et al., (2011) reportaron un mayor gasto energético en vacas lecheras en pastoreo vs estabulación, sin embargo, el consumo y la producción de leche no fue afectada por el tratamiento nutricional, lo que es contradictorio. Determinar el gasto energético (consumo de oxígeno) en sistemas de producción contrastantes es necesario para definir la eficiencia de los mismos.

En resumen, la cadena láctea se sostiene sobre realidades muy diferentes de sistemas productivos, esencialmente cambios en la nutrición y manejo animal. El desafío para el sector lechero radica en la comprensión de cómo se afectan las variables de respuesta al modificar estos factores. En el componente I de este proyecto se evaluarán diferentes estrategias de alimentación tanto a nivel experimental (generadas como tratamientos nutricionales) como a nivel comercial (monitoreo de estrategias contrastantes implementadas por predios comerciales bajo supervisión profesional). La evaluación contempla una visión integral de la respuesta animal (consumo, metabolismo, producción, reproducción, y salud animal) durante toda la lactancia.

Componente II. Carga animal: buscando el punto de equilibrio entre producción de biomasa y producción de leche según biotipo y región. La producción de forraje en los sistemas lecheros se basa en la producción de pasturas bianuales o perennes en rotación con cultivos anuales tanto para pastoreo como para corte, fundamentalmente ensilaje de planta entera o grano. Cuando ocurren excedentes de pasturas se cosechan generalmente como ensilajes con una participación menor de henos. La implantación de la pradera como base de los sistemas pastoriles de producción de leche se desarrolló en la década del 70 cambiando el modelo productivo dominante en ese momento. Si bien está innovación modificó fuertemente el diseño de los sistemas de producción de leche de la época, fundamentalmente en su base forrajera, los

trabajos desarrollados en la Unidad de Lechería de INIA LE (Durán, 1996) jerarquizaban a la producción de pasturas como la principal limitante para aumentar el rendimiento de leche en Uruguay, estimándose valores máximos de 6500 kg MS por hectárea año, para un ciclo de 4 años de producción. Es en base a esta información que se delinearon ajustes en las rotaciones forrajeras, estrategias de producción y suplementación del rodeo con el objetivo de incrementar los niveles de producción por vaca y por hectárea (Durán, 1996). A pesar del amplio reconocimiento con que cuenta la pastura como el alimento de menor costo por kilogramo de materia seca, proteína cruda o mega caloría de energía metabolizable, se dispone de muy poca información en la que se cuantifique la producción y consumo de forraje en los sistemas comerciales de producción de leche en Uruguay. Estimaciones indirectas realizadas en sistemas lecheros, indican que en el área de vaca masa de los sistemas con mejores indicadores técnicos, la producción de forraje cosechado por los animales no superó los 3000-3200 kg MS (Chilibroste et al., 2003). La información disponible da cuenta de problemas estructurales en el diseño de las rotaciones los que derivan sistemáticamente en fechas de siembra tardía (Ernst, 2004) y mal manejo de la fase pastura (Chilibroste et al., 2003; Zanoniani et al., 2004). Estos dos problemas no están disociados, ya que una de las causas del sobre-pastoreo observado en el período otoño - invernal es la fuerte disociación entre la demanda por alimento del sistema que es relativamente constante a lo largo del año y la oferta de alimento que se presenta fuertemente estacionalizada. Esta última presenta valores mínimos en el período otoñal, determinado fundamentalmente por la escasez de área con forraje ya que parte importante de la misma (30 – 70 %) se encuentra en transición hacia verdeo o pradera nueva. Los datos reportados por Chilibroste et al., (2003) dan cuenta de cargas efectivas en otoño del orden de 1500 a 2500 kilogramos de peso vivo por hectárea de área con pasturas implantadas (área efectiva de pastoreo). Esta situación de desbalances estructurales entre la oferta y demanda de alimento en los sistemas de producción de leche los expone a condiciones de inestabilidad productiva y eventualmente a mayores costos de producción (Chilibroste, 2004). La necesidad de contar con mayor área efectiva durante el período otoño invernal y que a su vez ésta área esté conformada por pasturas de buen valor nutritivo ha revalorizado la incorporación de gramíneas perennes en los sistemas de producción leche.

Investigaciones realizadas en EEMAC (Soca et al., 2008; Mattiauda et al., 2009) han demostrado buenos potenciales de producción de leche y de forraje con especies perennes. Dentro de las gramíneas perennes festuca es de la especies de mayor interés dada su tolerancia al pastoreo y persistencia (Formoso, 2010) y adaptación a ambientes marginales desde el punto de vista agrícola (Agnusdei et al., 2010). Chapman et al., (2008) trabajando con modelos de simulación, reportaron que festuca es una opción para enfrentar los constantes incrementos en la variabilidad climática inter-anual. El conocimiento del rango de adaptación de festuca al pastoreo en ambientes rigurosos no ha sido extensamente y comprensivamente evaluado hasta el presente. Evidencias nacionales ponen en evidencia que dicho rango se quiebra a alturas promedio del orden de los 3 cm de remanente pos pastoreo, situación en la que la pastura sufre una marcada disminución en la contribución de festuca, incrementos en el área de suelo descubierto y disminución en la producción total de forraje (Mattiauda et al., 2009). Si bien las pasturas manejadas con intensidades menores (12 y 6 cm de altura remanente) fueron superadoras en cuanto a productividad forrajera y respuesta animal, las mismas presentaron áreas sobre y subpastoreadas que pueden afectar el crecimiento y las relaciones de competencia entre las plantas (Hodgson y White, 2000). Este tipo de configuración heterogénea es el resultado de defoliaciones sectorizadas, conjuntamente con desacoples recurrentes entre oferta espacial de

las pasturas y que pueden generar alteraciones perjudiciales en el y demanda de forraje, que van reconfigurando progresivamente la estructura espacial de las pasturas y que pueden generar alteraciones perjudiciales en el sistema planta suelo conducentes a la degradación de la densidad poblacional de macollos de las pasturas. Entre las principales causas que determinan reducciones en la densidad de macollos se destacan el sobrepastoreo (Matthew et al., 1995), la competencia lumínica (Simon y Lemaire, 1987; Matthew et al., 2000) y la producción de macollos reproductivos (Bahmani et al, 2001). Adicionalmente, cuando las pasturas florecen profusamente hasta fin de primavera, la persistencia resulta muy dependiente del proceso de reemplazo tardío de macollos (Matthew et al., 1993; Bahmani, 1999) los cuales son altamente susceptibles a las condiciones hídricas y térmicas estivales (Thom et al., 1998). El pastoreo intenso de primavera para controlar la floración "Control Temprano de la Floración" es una de las estrategias de manejo del pastoreo que ha demostrado efectos positivos en estimular la densidad poblacional de macollos y el crecimiento estivo-otoñal en pasturas templadas (Sheath y Boom 1985; L'Huillier 1987 a,b; Agnusdei, 2013). Si bien la densidad poblacional también puede promoverse dejando que los macollos reproductivos desarrollen hasta alrededor de antesis mediante pastoreo laxo, para luego ser removidos rápidamente con pastoreo severo para estimular un rápido macollaje - "Control Tardío de la Floración" - (Korte ef al., 1984; Matthew et al., 1989), la operación es compleja de llevar a la práctica e incrementa los riesgos de mortandad estival. Este último aspecto restringe su eventual conveniencia a ambientes con veranos benignos. Las pasturas manchoneadas ofrecen un escenario espacialmente heterogéneo en el cual los animales son capaces de seleccionar las estructuras con mayor altura, peso de macollos y largo de láminas (Faber, 2012), maximizando la tasa de consumo (Chilibroste et al., 2005) mediante modificaciones del tamaño de bocado y el tiempo de pastoreo (Mattiauda et al., 2013). Esta amplia plasticidad que manifiestan los animales en pastoreo plantea el interrogante sobre hasta qué puntos los niveles de cosecha y performance animal podrían afectarse debido a la aplicación de prácticas de manejo que optimicen la producción y calidad del forraje, su eficiencia de utilización y la persistencia productiva de las pasturas (Agnusdei et al. 2012). Para ello, los manejos de las pasturas deberán ser realizados con animales sometidos a estrategias de alimentación similares a las evaluadas en el componente I de este proyecto. A tal fin, nuestro grupo de investigación tiene amplia experiencia de investigación sobre adaptación del ganado a diferentes tratamientos a nivel de la pastura y/o los animales (ej. Chilibroste et al., 2007; Faber, 2012; Mattiauda et al., 2013).

No existen hasta el momento antecedentes en el país de redes de evaluación de pasturas con ganado lechero a nivel comercial bajo un período prolongado de tiempo (36 meses), con la misma metodología y formando parte de un mismo proyecto de investigación. Los materiales involucrados en la evaluación integrarán festuca (continentales y mediterráneas), alfalfas, raigrás perenne, dactylis y predios comerciales serán evaluadas en tasa de crecimiento mensual, producción paspalum solos o en mezcla. Al menos 12 alternativas forrajeras ubicadas en 8 predios comerciales serán evaluadas en tasa de crecimiento mensual, producción estacional y anual de forraje, evolución de la composición botánica, cosecha de forraje (pastoreo directo y corte) y capacidad de carga. Todas las defoliaciones serán realizadas con los rodeos lecheros del sistema de producción excepto aquellas que vayan destinadas a reservas de forraje. La hipótesis que da lugar a este componente es que se pueden producir 13-15 TT MS / ha a nivel comercial en condiciones de secano en la medida que se sigan las reglas de manejo agronómico y nutrición mineral que acompañan cada alternativa forrajera. Consideramos los resultados de este módulo fundamental para poder re-diseñar y proyectar (módulo IV) modelos de intensificación de la producción de leche competitivos y sostenibles sobre bases empíricas firmes.

En sistemas de base pastoril la carga es el principal factor que determina la eficiencia del sistema impactando directamente en la producción y utilización de forraje por parte de los animales (McMeekan y Walshe, 1963; Baudracco et al., 2010). El consumo de forraje y la producción de leche por vaca se resienten cuando la utilización de forraje supera el 50 % (Chilibroste et al., 2005; Chilibroste et al., 2012). Cuando la eficiencia de utilización de forraje es baja, el incremento en la carga generalmente determina mejoras en la eficiencia de cosecha, en la productividad del sistema y en el resultado económico (Baudracco et al., 2010). En Uruguay prácticamente no se disponen de trabajos publicados que hayan evaluado eficiencia de cosecha a nivel comercial por períodos prolongados de tiempo. Los trabajos realizados por nuestro grupo (Chilibroste et al., 2003; 2004) en los que se monitorearon 37 empresas comerciales durante 2.5 años mostraron eficiencias de cosecha en torno al 50 % aunque alternando períodos de sobre y sub pastoreo a lo largo del año. La integración de estrategias de alimentación que combinen pastoreo con DPM (componente I) permitirán diseñar estrategias de pastoreo con buenos niveles de eficiencia de cosecha sin afectar significativamente la performance animal (Chilibroste et al., 2012b). Los modelos de investigación utilizados en Australia y Nueva Zelandia para evaluar el efecto de la carga animal, el mérito genético y/o la utilización de concentrados incorporan la utilización de rodeos pequeños y sistemas de alimentación cerrados ("farmlets") representado las condiciones que se dan a nivel comercial (Chataway et al., 2010). Las evaluaciones experimentales duran entre 2 y 4 años dependiendo de las características de la variable en estudio. Nosotros no conocemos antecedentes del uso de este enfoque en Uruguay. Existe un antecedente reportado en Argentina (Baudracco et al., 2011) en el que se evaluó el efecto de la carga animal sobre un sistema en base a alfalfa suplementado con ensilaje de sorgo y concentrados durante dos años. En la búsqueda de mejorar la producción de sólidos por hectárea hay productores que han innovado en la adopción de distintos biotipos lecheros. La investigación nacional, además de rezagada en la evaluación de esta alternativa, es escasa. En estudios donde se investigó la performance de vacas Holstein uruguayas (HU) y vacas cruza HU x Holstein Frisón neocelandés (HU-HFNZ) seleccionadas por mérito económico en la lactancia previa en un mismo ambiente productivo, se encontró que la producción acumulada de leche, grasa, proteína y sólidos totales a 305 días de lactancia no fueron afectadas por la línea genética (Pereira et al., 2010a). Sin embargo, las vacas HU fueron 49±3 kg más pesadas que las HU-HFNZ y produjeron menos sólidos en leche por kg de peso metabólico por lo que la eficiencia de producción -producción de sólidos de leche por peso metabólico fue mayor en las vacas HU-HFNZ. Además, el porcentaje de preñez a los primeros 40 días de servicio fue mayor y la preñez general tendió a ser mayor en las vacas HU-HFNZ que en las HU (Pereira et al. 2010b). La información generada respecto cruzas lecheras es incipiente; hemos estudiado el comportamiento productivo y reproductivo de vacas primíparas de hijas de madres Holando Uruguayas y padres Holando americano (HA), y de vacas primíparas cruza Holando Uruguayo con Holando Neozelandés (HNZ), Sueca Roja y Blanca (RBS) y Jersey (J) (Dutour et al., 2010 a,b). La producción de leche del grupo HA fue superior a las cruzas RBS y J, mientras que no difirió significativamente del grupo HNZ. Sin embargo, cuando se analizó la producción de leche según el peso metabólico no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes grupos genéticos. El grupo J fue significativamente más liviano que el resto de los genotipos que no variaron entre ellos. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos genéticos para varios indicadores reproductivos, pero las cruzas J presentaron mayor proporción de vacas preñadas a los 21 y 42 días de inicio del período de inseminación. En un trabajo más exhaustivo Laborde (2011) analizó la performance durante la primera, segunda y tercera lactancia de las mismas líneas genéticas. Concluyó que en sistemas

de producción de leche de base pastoril y con niveles de suplementación medianos a altos (1500-2000 kg de concentrado/vaca y 800-1000 kg de silo/vaca), el uso de genética HNZ sobre el HU permite lograr un animal adulto de menor peso vivo (40-50 kg menos). Esta cruza HNZ-HU tendió a producir menos litros de leche que el HU, pero con producciones por lactancia importantes (6500-7500 litros leche) y mayor concentración de sólidos, en especial grasa. Similar producción de sólidos asociado a menor peso vivo hace que la cruza HNZ-HU sea más eficiente en términos energéticos. Además los resultados nacionales indican una mejor performance reproductiva, por tanto, el uso de esta línea genética en el rodeo HU es una buena herramienta para contrarrestar la caída de fertilidad y el aumento del tamaño del Holstein, sin perder kilos de sólidos. Por otro lado utilizando JNZ sobre HU se logró un animal aún más liviano que en la cruza HU-HNZ (Laborde, 2011). La vaca JNZ-HU produjo menos litros de leche pero con una concentración de grasa y proteína considerablemente mayor; los kilos de grasa totales producidos son mayores pero no así los de proteína. Dado que el peso vivo de esta cruza es menor, la eficiencia energética es similar a HNZ-HU y la fertilidad logró ser superior ya que se preñó un mayor porcentaje de vacas al inicio de la temporada de servicios. Se concluyó que la cruza JNZ-HU es una buena herramienta para sistemas de producción de leche que busquen alta dotación/ha, alta producción de sólidos por unidad de peso vivo y donde la reproducción y en especial, la parición temprana sean claves del sistema. Independientemente que las vacas del sistema sean razas puras o cruzas, lo importante es que se mejore la rentabilidad del sistema y para ello es necesario basar el esquema de progreso genético en algún indicador económico de selección que incluya un adecuado balance de las principales características de importancia económica de la vaca lechera (Laborde, 2011).

Este proyecto se propone estudiar a nivel de potrero y a nivel de sistema de producción los factores de manejo determinantes de la productividad y persistencia de las pasturas perennes que afectan la respuesta animal. Obtener información a estos niveles de agregación es crítico para lograr re-diseñar sistemas de producción de leche que integren intensificación en el proceso de alimentación de vacas de buen potencial productivo (producción, salud y reproducción), con una participación significativa del componente forraje en la alimentación (composición de la leche, costos, ambiente). La interacción genotipo*ambiente tendrá una especial consideración. Al igual que para el componente I consideramos los resultados de este módulo fundamental para poder re-diseñar y proyectar (Componente IV) modelos de intensificación de la producción de leche competitivos y sostenibles sobre bases empíricas firmes.

Componente III. Indicadores reproductivos y de bienestar animal a nivel de sistema: tipo lechero, manejo animal, y alimentación como factores de riesgo. Los estudios sobre fertilidad de rodeo a nivel nacional y los factores que lo afectan son escasos. La mayor parte de los estudios a nivel experimental (Cavestany et al., 2002, 2005; Meikle et al., 2004; 2013, Adrien et al., 2012) son consistentes con la bibliografía internacional que señala la relevancia de la condición corporal y la categoría animal sobre la performance reproductiva. Estudios a nivel poblacional son muy escasos. Ibarra et al. (2002, 2004) utilizando primer servicio como variable indicativa de reinicio a la ciclicidad ovárica posparto, mostraron que ésta era muy lenta en nuestros rodeos lecheros con un 40% de los animales sin ciclar en los 90 días posparto. Sin embargo, estudios más recientes (Meikle et al., 2010) reportaron que el reinicio a la ciclicidad ovárica posparto -determinado a través de la progesterona en leche- en muchos tambos es el fisiológico (90% del rodeo ya ciclando en los primeros 30 a 40 días posparto), sin embargo, en otros tambos un porcentaje importante (30% de las vacas) aún no había ciclado a los 3 meses

posparto (Meikle et al., 2010). Estos tambos presentaron además una oferta de alimentación menor y una menor producción de leche (datos sin publicar). Se debe agregar además que la mejora en la producción de leche se ha acompañado por una disminución en detección de celo (Inglaterra de 80 a 50% en los últimos años, Dobson et al., 2007) ya que la duración del celo y la manifestación del mismo es más corta y débil respectivamente (Lucy, 2001), lo que podría explicar las discrepancias entre estos estudios. Si bien Ibarra et al. (2002) no encontraron efecto de la condición corporal sobre la probabilidad a primer servicio, trabajos posteriores demostraron su importancia sobre la duración del anestro y la probabilidad de preñez temprana (Meikle et al., 2010). La mejora de un punto de condición corporal al parto (de 2.25 a 3.25) incrementó la probabilidad de preñez a los 100 días posparto de 4 a 43%. Por otro lado, la evolución de la condición corporal afectó significativamente la longitud del anestro y la probabilidad de preñez temprana (Meikle et al., 2010). Las vacas primíparas más jóvenes presentaron una menor condición corporal al parto y a los 30 días posparto que las primíparas de mayor edad, y esto se asoció con anestros más largos (datos no publicados). Asociaciones similares se encontraron entre primíparas y multíparas (Meikle et al. 2013), pero esto dependió del manejo: tambos con muy buenos niveles de producción (con mayor oferta de alimentos) con mayor condición corporal al parto (y mayor pérdida posparto) también presentaron anestros más cortos, y en estos casos, las vacas primíparas presentaron una duración de anestro similar a vacas multíparas. Un hallazgo interesante fue el efecto de la historia reproductiva anterior: vacas con intervalos interpartos cortos (IIP<380) a pesar de presentar una menor condición corporal previo al parto, presentaron anestro más cortos y probabilidad de preñez mayores a los 100 días posparto, que aquellos animales con intervalos entre-partos más largos, lo que sugiere que el comportamiento reproductivo puede ser un fenómeno repetible.

En los estudios realizados en nuestro país, los datos que se relevan son sobre la población reproductivamente apta, es decir, vacas puestas en servicio. Los datos como porcentaje de preñez sobre vaca ofrecida o servida, intervalo parto primer servicio o concepción, preñez al primer servicio o número de servicios por preñez, así como también la edad al primer parto son indicadores importantes en el manejo reproductivo. Sin embargo, la eficiencia reproductiva debe incluir indicadores sobre el porcentaje de refugo involuntario (enfermedad), mortandad y reemplazo, costos de insumos y mano de obra empleados para generar estos indicadores. Como se mencionó anteriormente, la información respecto salud animal en predios lecheros es muy escasa. Si los predios llevan registros de enfermedad de las vacas lecheras son raramente analizados y no existe una información disponible al respecto. La documentación existente es concentra en enfermedades infecciosas (sobre todo las de declaración obligatoria) y casos clínicos específicos. Estas variables no se incluyen en un análisis transversal que incluyan de forma integral las variables de respuesta del sistema con el manejo animal. La falta de información es tal que en el sector coexisten dogmas - en varias ocasiones contradictorios- que asocian producción y enfermedad, asociaciones entre determinados biotipos lecheros con resistencia a patologías especificas y/o longevidad. En el componente I de esta propuesta se evaluará como diferentes manejos de la alimentación modifican el metabolismo y el sistema inmune del animal, lo que facilitará la búsqueda de indicadores de bienestar animal.

En resumen, nuestro país ha relevado respecto de estrategias de alimentación o tecnologías adoptadas que pueden explicar parte del crecimiento del sector. Sin embargo, los relevamientos son parciales, y en general no integran variables de reproducción ni de bienestar animal. La comprensión de los factores de riesgo asociados a enfermedad es clave, pero el primer eslabón

son los registros del predio. En la presente propuesta se busca instaurar la metodología de registros y analítica que facilite la asociación de variables y comprensión de procesos que permitan conceptualizar recomendaciones de manejo con mayor precisión.

Componente IV. Análisis y re-diseño de sistemas de producción: integración de investigación analítica y sistémica. Las preguntas más interesantes y críticas con las cuales se enfrentan los administradores de recursos tienen mucho que ver con sistemas complejos. En las ciencias agrarias, Fischer (1935) fue uno de los pioneros en visualizar el uso del enfoque sistémico, al verificar la complejidad e interacciones de las variables biológicas y la aleatoriedad en algunos procesos, y/o partes de los mismos. Uruguay dispone de buen nivel de información sobre las características estructurales de los sistemas lecheros basados principalmente en los registros y estudios que realiza la Dirección de Investigación y Estudios Agropecuarios (DIEA) del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. En los últimos años el recientemente creado Instituto Nacional de la Leche (INALE) ha profundizado sobre estos aspectos y agrupados a los sistemas de producción en modelos productivos basado en la información de DIEA y en el contacto con expertos en al área lechera. Investigadores de nuestro grupo han participado de este trabajo. Estos estudios han tenido el valor de permitir un análisis físico detallado de los modelos dominantes de producción así como determinar sus fortalezas y debilidades. No obstante este trabajo tiene un fuerte componente descriptivo lo que limita las posibilidades de predecir el comportamiento de los sistemas frente a cambios en el entorno (económico/ambiental) y fundamentalmente en las posibilidades de re-diseño de los sistemas a los efectos de cumplir con las nuevas y crecientes demandas del mercado internacional. Existen también metodologías de planificación y evaluación de manejo de recursos biológicos (Durán, 1983) que se diseñaron para proyección y evaluación bio-ecónomica de sistemas de producción de leche. Este trabajo derivó en una herramienta de simulación (Plan- T) que fue ampliamente utilizada en el análisis y proyección de sistemas de producción en la lechería uruguaya durante la década de los 90. Uruguay no dispone de modelos que incluyan aspectos productivos (en su más amplio término) económicos y ambientales. Los ejemplos reportados en la literatura internacional son escasos (y de muy baja aplicabilidad).

Nuestro grupo tiene antecedentes en el área de simulación en el área de alimentación de vacas lecheras (Chilibroste et al., 1997; Chilibroste et al., 2008) y evaluación ex antes de decisiones de manejo (Mello, 2012). Recientemente se culminó un estudio (Notte, 2014) sobre el problema de como asignar los recursos alimenticios en los sistemas lecheros frente a una demanda rígida representada por el rodeo lechero. Hasta el momento dicha asignación se realiza en forma intuitiva siguiendo ciertas tradiciones y algunas reglas de manejo. En este trabajo se modeló formalmente el problema y se aplicaron algoritmos evolutivos con diferentes representaciones para la resolución del problema de optimización resultante, de modo de realizar una asignación de recursos sobre una base racional y no intuitiva como hasta ahora. Se incluyen resultados comparativos entre las representaciones estudiadas mostrando la eficiencia numérica y computacional obtenida. Actualmente estamos ejecutando un proyecto titulado "Análisis de la sustentabilidad física, económica y ambiental de sistemas lecheros" en el que se pretende analizar mediante el uso del modelo de simulación FARM DESIGN, la situación actual en términos bioeconómicos de 4 predios lecheros comerciales, con sistemas de producción contrastantes en cuanto al uso de insumos y resultados productivos y económicos. Este modelo permitirá comprender al predio como un sistema complejo, analizar su sustentabilidad mediante indicadores objetivos, entendiendo los procesos que operan tras la misma y la identificación de

puntos críticos que sirvan luego para el re diseño de un sistema alternativo con mejores resultados. Es un modelo cuantitativo, estático, que procesa información básica de todo el predio evaluando su resultado en base a balances anuales. La estrategia de investigación incluye una fase de exploración, en la cual el programa genera y evalúa sistemas alternativos al actual aplicando el criterio de optimización de múltiples objetivos de Pareto.

La integración de investigación analítica y sistémica ha demostrado ser la forma de valorizar la generación de conocimiento y ampliar el dominio de recomendaciones integrando la complejidad del proceso. En el marco de este proyecto proponemos el desarrollo de una herramienta de simulación a nivel del sistema de producción de forma de integrar la información generada y disponer de una plataforma computacional desde la cual experimentar y evaluar el desarrollo de sistemas de producción sostenidamente competitivos.

Descripción del proyecto

En qué consiste el Desarrollo Tecnológico a realizar para solucionar el problema planteado ?.

Tal como se expuso en la descripción del problema la intensificación de la producción de leche a nivel primario enfrenta desafíos cruciales en el terreno biológico, social y ambiental. Este proyecto se propone abordar el estudio de procesos considerados críticos y generar nuevas propuestas tecnológicas para los sistemas pastoriles de producción de leche que levanten las restricciones detectadas y/o generen un menú de alternativas de desarrollos económicamente viables, socialmente aceptables y ambientalmente sostenibles.

El proyecto es innovador en: a) el modelo de trabajo (Red Sectorial de Innovación público-privada), b) en el modelo de investigación (integra estaciones experimentales, predios comerciales y profesionales independientes), c) la integración permanente doble vía de investigación analítica e investigación sistémica, d) la generación de capacidades de investigación (capital humano e infraestructura físicas) y e) desarrollo de un nuevo modelo de difusión/interacción con el sector productivo.

Los procesos críticos que se priorizarán son:

Componente I: Estrategias de alimentación: una mirada integral al potencial animal de vacas lecheras en pastoreo. Se compararán estrategias de alimentación durante toda la lactancia que integren diferentes combinaciones de estabulación – pastoreo con suplementación – y pastoreo como única fuente de alimentación. Recientemente, integrantes de esta propuesta de Red de Innovación Sectorial, obtuvieron financiación (INIA – Innovagro) para el proyecto titulado "Estrategias de intensificación para sistemas de producción de leche competitivos y sostenibles" que integra dos épocas de parto y dos tiempos de estabulación además de la puesta a punto de la técnica de estimación de gasto energético a través del consumo de oxígeno. En esta propuesta de trabajo se amplía el campo de estudio a otras estrategias de alimentación (niveles crecientes de forraje con o sin uso de DTM). Adicionalmente, se estudiarán sistemas de alimentación a nivel comercial con buenos resultados productivos y reproductivos.

Además del análisis bio-económico de estas estrategias se pondrá especial atención en los aspectos relacionados con reproducción y salud animal así como los requerimientos de infraestructura y operación que requieren cada una de las estrategias (imposible de integrar en Síntesis del proyecto presentado al llamado "Redes Sectorial de Innovación" realizado por ANII.

Extractos del Proyecto RTS_X-2014_1_3 aprobado el 28 de julio 2015 (Resolución 1863/15 - ANII) Responsable técnico: Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste — Octubre 2015

estudios acotados en recursos y tiempo). En algunos de los experimentos controlados de alimentación se caracterizará la inmunosupresión y el estado de salud. Esto resultados se sumarán a los que se obtengan en el proyecto "Factores de riesgo para la inmunosupresión en el periparto de vacas lecheras: búsqueda de indicadores en sistemas de producción sobre pastoreo controlado" (ANII-Innovagro) recientemente obtenido por integrantes del equipo que propone esta Red de Innovación Sectorial. Adicionalmente se analizará el impacto de las estrategias de alimentación sobre las características físico-químicas de la leche y sus atributos para los procesos principales a nivel industrial.

Cuello de botella: expresión del potencial animal acoplado al potencial de producción de forraje en los sistemas pastoriles de producción de leche.

Componente II. Carga animal: buscando el punto de equilibrio entre producción de biomasa y producción de leche. Se determinará el nivel de carga animal para diferentes niveles de intensificación que encuentra equilibrio con niveles altos y sostenidos de producción de forraje y performance animal (producción y reproducción). Al igual que en el caso anterior se determinará los requerimientos de infraestructura y manejo para los diferentes niveles de intensificación adoptados. En este proceso se estudiará la interacción genotipo*ambiente. Tanto en los campos experimentales como en los sistemas comerciales (integrando diferentes tamaños y biotipos) se definirán sub-sistemas que representen el sistema a estudiar (farmlets) y se registrarán todas las variables relevantes en torno a producción primaria (producción estacional y total, composición botánica y persistencia de cada componente de la rotación) y producción secundaria (producción y composición de la leche, variación de PV y CC, registros reproductivos y sanitarios). Adicionalmente se cuantificará el trabajo en hs hombre y maquinaria (tipo y horas) que requiere cada estrategia productiva analizada.

Cuello de botella: desbalance estructural entre oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche. Falta de información integrada sobre las implicancias físicas, biológicas y económicas de las estrategias de intensificación que tienen al aumento de carga como eje central. Evaluación a nivel comercial de prácticas culturales que maximicen la producción y cosecha directa de forraje por los animales.

Componente III. Indicadores reproductivos y de bienestar animal a nivel de sistema: tipo lechero, manejo animal, y alimentación como factores de riesgo.

Los antecedentes nacionales respecto a los principales factores de riesgo para la maximización de la eficiencia reproductiva y la salud de rodeo son escasos a nulos. Se construirá una base de datos de predios seleccionados (n=200) a partir de sus registros clínicos y de acuerdo al tipo de manejo reproductivo y toma de registros por técnicos especializados (predios seleccionados además en base a sus estrategias de alimentación). Se determinarán los factores del animal (paridad, producción) y de manejo reproductivo (época parto, empleo de protocolos de IA, sistemas de detección de celo e IA) y sanitario (esquema de vacunación, serología, etc.) que afectan el porcentaje concepción a primer servicio, intervalo parto concepción, número de servicios, pérdidas de gestación 30 a 60 días y el parto, probabilidad de preñez a los 100, 150 y 200 días posparto. Se determinarán causas de descartes y factores de riesgo del animal (edad, biotipo, momento de lactancia), manejo del rodeo (km caminados, producción, alimentación). Se incluirá la determinación de indicadores de bienestar animal (predictivos provenientes del componente 1).

Cuello de botella: aumento de patologías en el periparto y disfunciones reproductivas que incrementan el refugo en el rodeo y la necesidad de reposición con la consecuente pérdida

económica que ello lleva. Falta de información respecto de metodología que asista a un manejo reproductivo integral y a la medicina preventiva de rodeo.

Componente IV. Análisis y re-diseño de sistemas de producción: integración de investigación analítica y sistémica. Integración de información experimental (Componentes I, II y III) e información recogida a nivel predial (Componentes II y III) en modelos de optimización y modelos dinámicos de simulación que permitan describir, analizar y fundamentalmente re-diseñar los sistemas de producción de leche. El modelo de investigación prevé que la mayor parte de la información que se genere ya sea en los monitoreos a nivel comercial, como los resultado de experimentos controlados sea integrable en modelos computacionales para evaluar el impacto sobre el conjunto del sistema y/o proyectar sus efectos más allá de los límites en los que se obtuvo la información. De ser aprobada la Red de Innovación Sectorial, se integrará a la misma el proyecto interinstitucional recientemente acordado entre MGAP, INIA, INALE y FAGRO titulado "Análisis y Diseño de Sistemas de Producción de Leche Sostenidamente Competitivos". Para desarrollar esta área se establecerán cooperaciones con equipos de investigación nacionales e internacionales que están comenzando a utilizar este modelo en otras cadenas productivas de manera de instalar este enfoque sistémico de trabajo en el agro uruguayo. El proyecto tiene como objetivo la generación de capacidades a nivel nacional en esta área.

Cuello de botella: falta de herramientas cuantitativas que permitan trabajar a nivel de sistemas de producción integrando dimensiones físicas, biológicas, económicas y ambientales.

Especificación de las principales características del desarrollo tecnológico, los aspectos diferenciales más significativos y sus potenciales riesgos.

El desarrollo tecnológico está basado fundamentalmente en el desarrollo de tecnologías de proceso aunque involucren diferentes niveles de insumos. Los aspectos diferenciales con las tecnologías actuales están basados en:

En el estudio de alternativas tecnológicas que actualmente no están en uso en los sistemas comerciales (Componente I y II).

En el enfoque integral de la investigación con una mirada conjunta a la producción primaria, producción de leche, reproducción, salud animal y calidad del producto obtenido (Componentes I, II, III y IV).

En el modelo de investigación de largo plazo. Los procesos más cortos involucran lactancias completas y en las pasturas ciclos de producción de por lo menos 3 años en los componentes perennes (Componentes I, II y III).

En el modelo continuo de interacción entre la academia, los productores, los técnicos liberales y la industria en todas las etapas del trabajo

En el modelo continuo e interactivo de difusión.

Objetivo general

Determinar estrategias competitivas y sostenibles de intensificación productiva para sistemas de producción de leche de base pastoril

Objetivos Específicos

- 1.1 Determinación del potencial de producción de sólidos según estrategia de alimentación: cantidad, calidad y resultado económico.
- 1.2 Indicadores de salud y reproducción en vacas Holando sometidas a estrategias contrastantes de alimentación.
- 1.3 Consumo de energía, digestión, metabolismo y gasto energético de vacas Holando bajo estrategias de alimentación contrastantes.
- 2.1 Determinación del nivel de carga animal que maximiza producción y cosecha de forraje según nivel de suplementación y biotipo lechero.
- 2.2 Performance productiva, reproductiva y de salud animal según nivel de carga animal y nivel de suplementación y biotipo lechero.
- 2.3 Potencial de producción total y estacional y capacidad de carga de diferentes mezclas forrajeras según manejo pastoreo y fertilización.
- 3.1 Determinación de eficiencia reproductiva a nivel comercial según nivel de alimentación biotipo y manejo.
- 3.2 Identificación de indicadores de salud y bienestar animal a nivel comercial según nivel de alimentación biotipo y manejo.
- 4.1 Desarrollo de un modelo bio-económico que permita simular empresas lecheras bajo pastoreo Area VM.
- 4.2 Desarrollo de un modelo que permita analizar la asignación de recursos alimenticios en los rodeos lecheros.
- 4.3 Desarrollo de herramienta de simulación que permita analizar escenarios productivos, tecnológico y de precios para un sistema lechero completo.
- 5.1 Generación de espacios de análisis y proyección de los resultados obtenidos en los objetivos específicos anteriores con el equipo técnico involucrado en la Red Sectorial de Innovación (equipo de instituciones proponentes + instituciones que cooperan + técnicos liberales involucrados en la Red).
- 5.2 Difusión y demostración de resultados de los trabajos en reuniones con técnicos y productores.

Materiales y Métodos

La sección completa de materiales y método, presupuesto, cronograma de ejecución y bibliografía se encuentran disponibles en el documento original.

Gobernanza de la Red

Los antecedentes de trabajo que han sustentado la propuesta de conformación de esta red se proyectan a que la experiencia se consolide en un Centro Tecnológico en el mediano plazo. Para ello esta primera experiencia debe ser exitosa y, sobre todo, eficiente en el abordaje de problemas centrales de la cadena láctea y en la generación y difusión de bienes públicos imprescindibles para el desarrollo dinámico del sector. En consecuencia, la red debe conducirse armonizando puntos de vista de distintos actores y distintas culturas organizacionales muy arraigadas en cada una de las (grandes) instituciones que la integran y –simultáneamente- manteniendo mecanismos ágiles de toma de decisiones de gestión. Asimismo, se considera prudente evitar las complejas construcciones institucionales en esta etapa: en general, cuando los proyectos interinstitucionales dedican demasiada energía en repartir las cuotas de poder de una red que todavía no existe, esto quita tiempo y fuerzas para alcanzar los resultados conjuntos que en definitiva son los que legitiman la existencia misma de la red.

Consecuentemente, en la fase que cubre este proyecto, la Red Sectorial será conducida por un Comité Estratégico integrado por el Coordinador del Proyecto, un representante de la Universidad de la República, uno representante del CRI, un representante de Conaprole y un representante del INALE. Este Comité tendrá sesiones ordinarias semestrales, y lo hará en forma extraordinaria cuando alguno de sus integrantes así lo solicite. Funcionará como el mecanismo de comunicación, monitoreo y coordinación de la red con las instituciones miembro. Una vez aprobado el financiamiento, las instituciones integrantes de la red formalizarán el Comité y designarán su integración. Asimismo, aprobarán su reglamento de funcionamiento.

Nota: Desde Febrero 2015 la Red formalizó el comienzo de sus actividades. En Septiembre 2015 se incorpora a la Red el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). En la actualidad la Dirección de la Red está conformada por: el Coordinador del Proyecto, un representante de la Universidad de la República, un representante de CONAPROLE, un representante del INALE y un representante de INIA.