

XLII Congreso Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal

SOCIEDAD CHILENA DE PRODUCCIÓN ANIMAL SOCHIPA A.G.
DEDICADA AL PROGRESO DE LA CIENCIA PECUARIA

2018

Serie Simposios y Compendios
Volumen 21



SOCHIPA A.G.

ISSN 0717-9499



**SOCIEDAD CHILENA DE PRODUCCIÓN ANIMAL,
SOCHIPA A.G.**

DEDICADA AL PROGRESO DE LA CIENCIA

***XLII CONGRESO ANUAL DE LA SOCIEDAD CHILENA DE
PRODUCCION ANIMAL***

SERIE SIMPOSIOS Y COMPENDIOS

VOLUMEN 21

2018

ISSN 0717-9499

La serie SIMPOSIOS Y COMPENDIOS se ha diseñado con el propósito de suministrar a científicos, docentes, profesionales, técnicos y productores, información de naturaleza más amplia y sistematizada, en diferentes disciplinas de interés en la producción animal. Esta serie incorpora información de las reuniones técnicas que SOCHIPA A.G. realiza y patrocina desde 1975 en diferentes lugares del país, en conjunto o independientemente de la reunión anual de la sociedad, con la participación de destacados investigadores nacionales y extranjeros.

Editores

Rodrigo Allende Vargas, Médico Veterinario, MSc.

María Sol Morales Silva, Médico Veterinario, M.Sc, PhD.

Editado por Sociedad Chilena de Producción Animal, 2018

Impresión

Impresora La Discusión S.A., Chillán

ISSN 0717-9499

Se autoriza la reproducción total o parcial del material que aparece en esta publicación, siempre y cuando se cite debidamente la fuente y los autores correspondientes.

Las opiniones expuestas en este documento corresponden a cada autor.

Ejemplares adicionales están disponibles en formato digital en sitio WEB www.sochipa.cl

TABLA DE CONTENIDOS

Discurso Inaugural de XLII Congreso -----4
Anual de la Sociedad Chilena de Producción
Animal, SOCHIPA A.G.

Socios Honorarios 2016 -----7

En memoria de Socios Fallecidos -----19

Simposio: “Producción animal de precisión: desde la pradera al producto final”

Precision dairy technologies in pasture-based systems ----- 27
– a New Zealand perspective B. T.
Dela Rue and C. R. Eastwood,
DairyNZ Ltd, Hamilton, New Zealand

Nutrición y alimentación de precisión en rumiantes ----- 47
de crecimiento y engorda
Felipe Pino San Martín, PhD,
Asesor nutricional privado

Discurso Inaugural XLII Congreso Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal, SOCHIPA A.G.

Los procesos de I&D en los diferentes ámbitos que constituyen la ganadería en el mundo y el país han permitido desarrollo económico y social en diferentes combinaciones de productividad/rentabilidad/sostenibilidad. Diferentes hitos, en metodologías analíticas y equipamiento han permitido optimizar respuestas productivas integrando una salud, alimentación, genética en una operación productiva sustentable, agregar valor en productos mediante diferenciación, desarrollo de productos con caracterización de la demanda, integrar información nutricional de productos con salud humana...el mundo de la grasa y proteína de origen animal, temas que se analizaron en nuestra reunión 2016, junto con el rol de la ganadería en el desarrollo social y cultural en diferentes zonas agroecológicas.

Cómo no recordar los cambios para evaluar efectos de la alimentación recolectando fecas y orina...a sistemas de digestión *in vitro*, el análisis de niveles de inclusión de alimentos a efectos complementarios/sustitutivos de aditivos, de la caracterización nutricional de alimentos con el clásico análisis proximal al uso de NIRS, del clásico pastoreo no dirigido a una relación integral suelo-planta animal, de la selección animal desde el registro clásico de producción a la selección molecular, de una demanda que compra para alimentarse a una demanda que requiere nutrirse saludable y con respeto al medio ambiente y a los animales, como de un sistema productivo local se ha generado diferenciación como es el ejemplo de Chiloé y la oveja Araucana, como la ganadería ha favorecido espacios de innovación social, económica y cultural en diferentes territorios...todos ustedes, miembros de

SOCHIPA con su trabajo diario, en muchas ocasiones de años o de una vida profesional entera, han sido participes de la dinámica pecuaria de nuestro país...sus acciones han escrito la historia de I&D pecuaria.

La sociedad actual, en los diferentes eslabones de la cadena de valor, que se caracteriza por el dinamismo en generación de información, en ocasiones con necesidad de inmediatez en respuestas que favorecen espacios de opiniones con información sesgada...la famosa opinología, requiere y requerirá información/opinión/método/recomendación técnica en ámbitos críticos para la salud y bienestar animal, como es el caso de corrientes animalistas y los avances en relaciones de comportamiento animal con productividad/calidad de producto, inocuidad de alimentos, tanto de uso animal como humano, calidad nutricional de productos de origen animal para una esperanza de vida del hombre mayor en tiempo y calidad, la proteína de origen animal con su mayor valor biológico y las grasas trans ruminales con sus efectos metabólicos positivos, el cambio climático y sus efectos en producción primaria y secundaria en diferentes zonas agroecológicas de nuestro país: estepa, altiplano, el valle central regado, secano mediterráneo, la pre cordillera y la zona centro sur, todas con una realidad y predicción de cambios en el régimen pluviométrico y de temperatura ambiental. Habrá cambios cuantitativos en la relación suelo-planta animal por el cambio climático, con una presión pública por los gases de efecto invernadero, espacio que se cuestiona sesgadamente a los sistemas pastoriles como unidades contaminadoras del suelo y atmósfera...sin considerar la dinámica integral del balance de carbono y nitrógeno de éstos sistemas.

Quiero retroceder 42 años, al espíritu fundacional de nuestra Sociedad, como un espacio de intercambio y desarrollo de conocimiento científico en diferentes disciplinas de la Producción Animal...sólo agradecer el espíritu visionario de esos socios-investigadores con el país.

En éste momento de crisis de nuestra Sociedad, expresamos como directorio, el desafío de preservar este espacio como red de intercambio científico. Invitamos cada uno de ustedes a recordar el accionar de nuestra SOCHIPA: congresos, libros, simposios, talleres, reuniones especiales, etc...son recuerdos de convivencia, empatía y transferencia...suma positiva. Con la seguridad que nuestro espíritu fundacional nos guiará para fortalecer nuestra sociedad científica.

Agradecer a Dr. Fernando Bas, presidente Comité Organizador SOCHIPA 2016 y Dra. María Sol Morales, presidenta del Comité Organizador SOCHIPA 2017. Las acciones dirigidas por ustedes han fortalecido a nuestra sociedad.

Invitamos a cada uno de ustedes a disfrutar las temáticas en diferentes disciplinas de la producción animal en la XLII Congreso Anual SOCHIPA A.G.

Un abrazo para ustedes del directorio.

Rodrigo Allende Vargas
Médico Veterinario M.Sc.
Presidente SOCHIPA A.G.
Termas de Catillo, octubre 2016

SOCIOS HONORARIOS SOCHIPA 2016



RUY FERNANDO BORQUEZ LAGOS

Nació en Chillán el año 1950, ciudad en que desarrollo sus estudios secundarios en el Colegio Seminario Padre Hurtado. Estudió Agronomía en la Universidad de Concepción entre 1967 y 1971, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo. Luego de trabajar un año en la Cooperativa CAR, entre 1973 y 1974 estudia un postgrado en la Universidad de Chile, obteniendo el grado de Magister en Ciencias en Producción Animal. En 1974 ingresa como profesor auxiliar al departamento de Producción Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile hasta 1980, desarrollando una activa participación en docencia de pre y postgrado, y en programas de investigación y extensión. Entre 1978 y 1979 imparte clases en Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso. Entre 1980-1982 fue director de investigación en el Programa Forestal Ganadero Pampa del Tamarugal (CORFO). El año 1982 ingresa como profesor asociado y luego profesor titular de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, hasta le fecha. Fue director de Departamento de Producción Animal, decano y director general del campus Chillán- UdeC. Ha sido docente de asignaturas de formación profesional y de especialidad, en nutrición animal y bovinos de leche. Desde el 2015 es docente en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Talca Ha sido asesor en

aproximadamente un centenar de tesis de Ingeniero Agrónomo. Ha presentado más de 60 trabajos científicos en reuniones nacionales y 14 en internacionales. En investigación tiene más de 25 publicaciones de artículos científicos además numerosos artículos de extensión y dos patentes de invención.

Ha sido presidente de la Asociación de Agricultores de Ñuble, fundador y director de Aprovecho Ñuble, fundador de Fedeleche; fundador y actual director de Aprocarne Ñuble, vicepresidente y director del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Ñuble, miembro del Colegio de Ingenieros Agrónomos y de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). Es miembro de la Academia Chilena de Ciencias Agronómicas.

Fue socio fundador de SOCHIPA A.G., ocupando los cargos de presidente y vicepresidente, ambos en dos períodos y en tres oportunidades ha obtenido premio al mejor trabajo en congresos anuales de la sociedad. Ha recibido en dos oportunidades el Premio por Actividad Pública del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Ñuble, ha sido nombrado “Colaborador Distinguido” por la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile y “Socio Honorario” por la Sociedad Nacional de Agricultura.



ADRIÁN REMIGIO CATRILEO SÁNCHEZ

Nació el 30 de abril de 1951. Estudió en la Pontificia Universidad Católica de Chile, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo el año 1977. Obtiene el grado de Magister Scientiae en la misma universidad (1981). Ese mismo año ingresa al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), al Centro Regional Carillanca, Temuco. Obtiene el grado de PhD en University of Reading, UK (1989). Lideró programas de transferencia tecnológica e investigación en producción de carne bovina. Ejerció cargos de dirección del programa de transferencia tecnológica, subdirector de I&D y director regional (1998-2001). En el período 2001-2009, fue coordinador del Grupo de especialidad bovinos de carne del INIA. Diseñó y ejecutó proyectos I&D con financiamiento FNDR, FIA, FONDECYT y CORFO. Además, coordinó grupos GTT ganaderos y de agricultura campesina en la región de la Araucanía.

Es autor y coautor de numerosos artículos científicos y de extensión en el área ganadera. Fue editor, autor y coautor del libro *“Producción y Manejo de carne bovina en Chile”* (2005), texto técnico que resume la I&D ganadera realizada por INIA en el país. Su permanente trabajo con productores y empresas ganaderas del país fue reconocido por la Sociedad de Fomento

Agrícola de Temuco, SOFO AG (2014). Es miembro de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA A.G.), con una participación activa en diferentes directorios, destacando como Secretario Tesorero en 4 oportunidades, entre los años 1994-2016. Es miembro activo de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA).



LUIS FERNANDO MUJICA CASTILLO

El Dr. Mujica nació en 1938 en la localidad minera Sewell. Estudió en Santiago, en el colegio salesiano El Patrocinio de San José. En el año 1961 obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad de Chile. Obtuvo el grado de Magíster en Ciencias por la Universidad de Bonn, Alemania (1964) y en 1968 por la misma universidad, el grado de Doctor en Ciencias Agrarias con mención en genética animal.

Entre 1970 y 1971 se desempeñó como administrador técnico del predio lechero Vista Alegre de la Universidad Austral de Chile (UACH), posteriormente, entre 1971 y 1972 se desempeñó como jefe provincial nacional de leche, carne y lana en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), institución en la ejerció el cargo de director regional en el CRI Carillanca (1972-1973). Durante el período de 1974 a 1983 ejerció como investigador-asistente en la estación experimental de prueba de reproductores porcinos “Frankenforst”, en la Universidad de Bonn. Posteriormente, entre 1983 y 1987 fue director del centro mejoramiento porcino y profesor e investigador en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León- México. Entre 1988 y 1991 se desempeñó como jefe del área de ganadería e investigador en el Centro Agronómico Tropical de Investigación

y Enseñanza (CATIE), Turrialba – Costa Rica. A su regreso a Chile y entre los años 1991 y 1995 ejerce como director de Escuela de Agronomía y profesor e investigador en Facultad Ciencias Agrarias en la UACH. Su aporte a la formación de nuevos profesionales fue reconocido con el premio “Estímulo al Desempeño Docente”, otorgado por la UACH al mejor docente de la Facultad de Ciencias Agrarias (1998).

Entre los años 1994 y 1995 fue presidente del directorio de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA) y el año 1997 asumió como Director Nacional de INIA, cargo que ejerció hasta el año 2000, integrándose posteriormente como coordinador de investigación y desarrollo en INIA Remehue. Entre 1997- 2000 integró la Comisión Directiva de PROCISUR y de FONTAGRO. Desde el 2002 a la fecha es académico del Instituto de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UACH. Fue director ejecutivo de la Red Agrosur Austral del Programa Chile Califica y director del centro regional de recursos genéticos (CARGEN) de la UACH. Su aporte a la I&D de la ganadería nacional está sistematizado en 7 libros y 107 publicaciones nacionales e internacionales, además de numerosas presentaciones en simposios y congresos. Es miembro de la Sociedad Alemana de Producción Animal, Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y SOCHIPA.



ETEL LATORRE VARAS

Nació en Santiago y hace más de 40 años vive en la región de Magallanes. De profesión médico veterinario, de la Universidad de Chile con grado de Master in Science en Reproducción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Ciencias Agrícolas de Uppsala, Suecia (2001).

Entre los años 1972 a 1980 trabajó en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Estación Kampenaike y posteriormente en forma privada en producción animal (reproducción). En 1992 regresa a INIA como investigadora, ocupando el cargo el cargo de directora regional CRI Kampenaike entre 2008 al 2013. Su desarrollo profesional ha sido en reproducción animal, siendo pionera en biotecnología en la región de Magallanes, precursora en crío preservación de semen congelado, técnica que permitió en la década de los noventa que la región ingrese a los mercados internacionales con semen congelado de ovinos. Ha dirigido la acreditación de dos nuevas razas ovinas: la 4 M y Patagonian Robertson Merino (PRM).

Ha sido jefa de proyectos en temáticas de adaptación y manejo en semi-cautiverio de Lama Guanicoe (Guanaco), introducción de llamas y alpacas, genotipos ovinos carniceros y evaluación de

cruzamiento, adaptación y manejo en semi-cautiverio del Ñandú, biotecnología de inseminación artificial en ovinos Corriedale en Magallanes y caracterización de la calidad de la carne ovina de la XII Región, como estrategia de diferenciación en el mercado exportador. Ha coordinado grupos de transferencia tecnológica (GTT) en Porvenir, Tierra del Fuego y Cooperativa Bernardo O'Higgins.

Ha sido profesora guía de tesis para optar a títulos profesionales en diferentes Universidades del país, desde 1967 a la fecha. Ha realizado más de 50 publicaciones científicas con su autoría profesional.

Desde el 2014 hasta el 2018 ejerce el cargo de Secretaria Regional Ministerial de Agricultura de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Actualmente desarrolla diversas iniciativas privadas en el ámbito de la biotecnología y mejoramiento genético.

Es miembro del Colegio Profesional Médico Veterinario de Chile desde el año 1972 y socia de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA A.G.). En el 2010 recibe la Mención Honrosa del Premio Mujer Innovadora en Agricultura, Categoría "Profesional del Agro Innovadora", por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) del Ministerio de Agricultura de Chile.



FERNANDO SQUELLA NARDUCCI

Nació en Valparaíso el año 1949. Se graduó de Ingeniero Agrónomo en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (1973). Obtuvo el grado de MSc en el Department of Agronomy and Range Science, Faculty of Agriculture, University of California, Davis, USA (1980) y el de PhD en Department of Plant Science, Faculty of Agricultural and Natural Resource Sciences, University of Adelaide, Australia (1992). Es socio activo de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA A.G.) desde 1976.

Su actividad profesional, de I&D y extensión ha estado vinculado con el desarrollo de sistemas integrados de producción en el secano mediterráneo, en los centros experimentales de los Vilos, Hidango y la Platina del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en el período 1976 al 2013. Fue subdirector de investigación del Centro Regional INIA Rayentué (2001-2003).

Fue editor de las revistas Agricultura Técnica (Chile), del Instituto Investigaciones (1994-2003) y Avances en Producción Animal (2006-2008). Ha desarrollado docencia universitaria en la Universidad Iberoamericana de Ciencias y Tecnología (UNICIT),

Universidad del Mar, Universidad de Aconcagua y Pontificia Universidad Católica de Chile, en las asignaturas de manejo de forrajeras y praderas y de rumiantes menores. Su amplia investigación está sistematizada en 354 artículos científicos y de extensión en congresos y revistas nacionales e internacionales.

Su trabajo de 40 años en INIA se destacó por sus aportes en el mejoramiento de los recursos pratenses y desarrollo de sistemas ovinos en el secano mediterráneo. Ha dirigido y participado como investigador en proyectos de sistemas agroforestales ovino y de bovinos de carne, unidades de demostración y difusión de recursos forrajeros en el secano, mejoramiento del sistema tradicional de producción caprina en el secano interior, conservación de los recursos suelo, agua y biodiversidad en ecosistemas frágiles bajo un diseño de manejo agrícola integral y sustentable, validación de sistemas productivos sustentables enfocados a la gestión y comercialización de bienes en fibra de alpaca, uso de métodos para el aceleramiento genético ovino, red Agrometeorológica, núcleo de mejoramiento genético bovino, investigación en producción de carne de cordero bajo buenas prácticas, carne de cordero como alimento funcional para el mercado nacional y de exportación utilizando subproductos de la industria aceitera olivícola y uso de guardianes de rebaños para el control de la depredación de ovinos.

EN MEMORIA DE SOCIOS FALLECIDOS 2017



CARLOS PEDRAZA GONZÁLEZ

Un profundo pesar causó el fallecimiento del ex investigador del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA La Platina, Carlos Pedraza González, quien se destacó por sus aportes en el área de producción de leche. Fue miembro activo de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA A.G.), de la que fue su presidente.

Se incorporó a INIA Carillanca, en 1973 junto a Eugenia Estay y Francisco Lanuza, al proyecto de Subfertilidad bovina, con los investigadores Norberto Butendieck y Gunther Sther. Desarrolló trabajos relacionados con la andrología con toros Overo Negro del Criadero Carillanca para el Centro de Inseminación Artificial de la Universidad Austral de Chile.

Se incorporó al grupo de trabajo en producción animal de INIA La Platina, específicamente al programa producción de leche, responsable de la administración y gestión del rebaño lechero e iniciando investigación en calidad de leche, asociada a problemas de mastitis en vacas estabuladas. Desarrolló un laboratorio de calidad de leche, siendo el primer laboratorio en Chile que instaló

un Fossomatic para recuento de células somáticas. Se integró a proyectos de investigación en Leucosis Enzootica Bovina y efectos hormonales en producción de leche en bovinos, realizados en colaboración con la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile.

Ingresa en el 2000 a la Universidad Mayor para impartir docencia en las sedes de Santiago y Temuco, hasta el año 2014, implementando el Laboratorio de Calidad de Leche en la sede de Santiago.

Contrajo matrimonio con Ana María Villate, con quien tuvo tres hijos: Sebastián, Ana María y Carlos, completando la familia con seis nietos.

Carlos fallece el 2017, dejando un legado en I&D en el rubro de leche bovina, que será recordado por el sector público-privado, con especial cariño y respeto de nuestra SOCHIPA.



EN MEMORIA

RUI SÁ

El Dr. Rui Sá, profesor de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Universidad Católica, de los cursos de Acuicultura, Fisiología Animal Avanzada y Salmonicultura, se destacó por su empatía, liderazgo y calidad humana.

Con un doctorado en la Universidad de Porto (Portugal) en 2007 y al año siguiente un postdoctorado en CIIMAR y Facultad de Ciencias de la Universidad de Murcia (España), el profesor Sá se especializó en diversificación acuícola, enzimología, nutrición y cultivo de peces.

Al llegar a Chile se integra como investigador al Centro de Investigación en Nutrición, Tecnología de los Alimentos y Sustentabilidad CIEN Austral e ingresa en el 2013 a la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Desarrollo investigación con proyecto FONDECYT en la utilización de extracto de olivo rico en hidroxitirosol como aditivo en la alimentación de *Seriola lalandi* (dorado), trabajo premiado como el mejor en el XLI Congreso Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA A.G).

Rui fue un espíritu inquieto y travieso, humano y afectivo, con sus pares y alumnos. Con 42 años, el Dr Sá falleció tempranamente, quedando truncado un mayor legado en I&D. Será recordado con cariño y respeto como miembro de nuestra SOCHIPA, con un legado que será desarrollado por sus alumnos, como profesionales en la acuicultura nacional.

***Simposio: “Producción animal de precisión:
desde la pradera al producto final”***

Precision dairy technologies in pasture-based systems – a New Zealand perspective

B. T. Dela Rue and C. R. Eastwood

DairyNZ Ltd, Hamilton, New Zealand

Summary

Dairy farmers are increasingly being presented with precision technologies that promise to increase farm profitability, and improve management of their animals and resources to meet evolving market conditions. The aim of this paper is to provide an overview of technology adoption learnings from dairy farmers in New Zealand's pasture-based farming systems, relevant to dairy farming in Chile.

Adoption of precision technologies that support decision-making in New Zealand's pasture based farming systems remains low. However, adoption of technologies that either save time or make tasks easier (e.g. automatic cup removers) has increased significantly over the past decade and several are considered by farmers using them to add value to their business.

Barriers to adoption include cost, uncertainty around performance, and fit with current infrastructure or farm team skills. Other limitations include a lack of awareness of available technologies, unwillingness to change current practice, insufficient time to invest in learning how to use a new system and a low perception of value compared with manual alternatives.

Productivity and compliance requirements will likely drive an increase in use of better technologies. These include managing resources more accurately to meet financial, animal welfare and environmental goals, as well as meet public expectations. Automation of pasture measurement and monitoring of animal

status (e.g. body condition) will be of interest to many farmers, as will technologies that support milk quality and environmental compliance. The length of the working day, largely dictated by milking related activities, has a negative impact on recruitment and retention of staff, and this will fuel interest in automation of milking processes.

Advances in farm-wide data capture, low-cost sensors, and on- and off-farm data integration are expected to enable improved decision-making, potentially with greater involvement of consultants and supported by local benchmarking information.

Investment decisions should include the ability of the technology to perform according to specification, meet the farmers' goals, be easily implemented within current infrastructure and systems, fit with staff skills and attitudes, and offer a comparative advantage over alternative and non-technological options with respect to improved work practice, economics, and social or environmental impact.

Definition of precision dairy

Precision dairy is a term that has been used for more than a decade to broadly describe technologies that enable farmers to manage larger, more complex farm systems with attention on individual animals and resources similar to management of small herds as in previous generations.

Eastwood *et al.* (2012) defined precision dairy as “*the use of information and communication technologies for improved control of fine-scale animal and physical resource variability to optimize economic, social, and environmental dairy farm performance*”.

However, farmers have typically not taken a deliberate precision technology management approach to adopting precision dairy technologies, but rather implemented technologies according to their specific needs (Eastwood *et al.*, 2017b). They have tended to select single or collective tools for discrete tasks or aspects of farm management, for example, automatic cup removers to prevent over-milking, automatic sorting of animals to eliminate a manual task, or computerized systems to allocate feed according to individual cow requirements.

Current issues facing New Zealand dairy farming

The competitive advantage of New Zealand's dairy farming is based around low-cost pasture based farm systems. Expansion of dairy farming into geographical regions with lower cost land not traditionally associated with dairy, and amalgamation of small neighboring dairy farms has seen significant increases in average herd sizes and cow numbers. New Zealand herd size and total cow numbers have increased from 322 cows/herd and 3.832 million cows in 2005/06, to 419 cows/herd and 4.998 million cows in 2015/16 (DairyNZ Ltd, 2016).

This expansion, under the challenges of milk price volatility and seasonal climatic variation, has been associated with on- and off-farm issues including; fluctuating year-to-year farm profitability, less availability of a skilled work force, negative public perception and new regulations regarding environmental impact and animal welfare practices.

The increasing requirement to manage animals and resources better and more efficiently, with industry and trade requirements of 'proof of good practice' indicates that precision technologies are poised to make a significantly greater contribution to dairy farming. Widespread interest is growing in technologies,

particularly data systems that support adaption of management to control the marginal cost of production through well-informed decision making with key resources.

Labour and skill support have been a common driver for investment in precision technologies (Jago *et al.*, 2013). Technologies that support compliance and decision-making are likely to increase if new industry targets in all business areas are to be met.

Defining a strategy for precision dairy research, development, and extension

In 2011, a precision dairy farming strategy was developed by the dairy industry-good organizations Dairy Australia and DairyNZ (Jago *et al.*, 2013). Its two main themes were to capture high level opportunities for precision dairy farming. The first theme was *Good farmers making better decisions*, particularly with increased complexity around resource efficiency and managing larger herds. The second theme was *enabling farmers to scale up and/or speed up*, by use of agile farming systems, particularly building capability faster in farmers new to dairying.

A framework was developed to focus research, development, and extension (RDE) to support successful implementation and value creation from precision dairy in pasture-based dairy farming. Five focus areas were defined: i) Coordination and industry leadership in precision dairy RDE; ii) Definition of on- and off-farm value of precision dairy; iii) Improvement in the technological offering; iv) Integration of precision dairy within farming systems for improved management; and v) Development of learning and training for farmers and service providers (Jago *et al.*, 2013).

The focus areas have guided RDE in the Dairy Australia Future Farming, and DairyNZ Transforming the Value Chain - Precision Agriculture programs. Examples include the development of an industry standard protocol for the field evaluation of mastitis detection systems (Kamphuis *et al.*, 2016) that provides relevant technology performance information to farmers; and identification of operational performance attributes for pasture measurement devices (Eastwood and Dela Rue, 2017a). This supports technology developers in ensuring their technologies are fit for purpose. Also, farm data standards, using a common vocabulary, have been developed by the pastoral farming industry to support efficient data sharing on- and off-farm and safeguard farmer data (New Zealand Farm Data Standards, <http://www.farmdatastandards.org.nz/data-standards/>).

Precision dairy technology use in New Zealand

New Zealand dairy farmers have been slow to adopt precision technologies compared with their European and North American counterparts (Kamphuis *et al.*, 2016). Determination of precision technology use on pasture-based dairy farms has been limited to a small number of surveys in New Zealand (Jago *et al.*, 2013, Edwards *et al.*, 2014) and Australia (Watson, 2009, Dhama *et al.*, 2012), predominately focused on milking- and animal-related technologies.

Milking and animal monitoring technology use in New Zealand

A 2013 survey of New Zealand dairy farmers provided quantitative information on technology use and rates of technology adoption (Edwards *et al.*, 2014). The survey had 500 respondents across all farm sizes, representing approximately 5% of all farms. The average size of the milking platform was 131 ha, milking 365 cows. Farms with rotary (R) parlors were larger (205

ha, 598 cows) than farms with herringbone (H) parlors (108 ha, 302 cows).

Rotary parlors had a higher labour utilization (cows milked/person) with 66% and 90% more cows milked per person with one and two milking staff, respectively. Labor utilization differs from throughput (cows milked/hour) and labor efficiency (cows milked/person/hour).

Farmers primarily installed automated technologies for labour-saving or making milking processes easier, using technologies such as automatic cup removers (ACR) (H-13%, R-66%) and automatic teat spraying (H-13%, R-70%) (Table 1). Rotary parlors included a significantly higher number of technologies than herringbones. There were significant increases in laborsaving technologies between the survey in 2013 and a similar survey in 2008, particularly for rotary parlors, e.g. ACR from 54% to 70% of parlors, and automatic teat spraying from 49% to 66% of parlors.

The use of information technologies that capture data for decision-making was lower than labor-saving technologies among those interviewed. These devices included milk meters (H-4%, R-14%), automatic animal weighing (H-3%, R-8%), mastitis detection (H-6%, R-14%), and heat detection (H-3%, R-4%). A third of parlors (H-22%, R-62%) had automatic in-parlor feeding systems, although only 7% of all parlors could feed at the individual animal level.

The technologies considered to be most beneficial by those farmers using them were automatic sorting, ACR and automatic teat spraying. Farmers were also asked which technologies they would like to install beyond those already in use. The top five

were automatic sorting (38% of farmers), ACR (23%), automatic teat spraying (16%), mastitis detection (16%) and in-line milk meters (11%).

By comparison, a 2015 survey of milking technology use on Australian pasture-based dairy farms found that adoption rates followed a similar trend with rotary parlors having a higher level of automation than herringbone parlors (Lyons et al., 2016). The most popular technologies were: ACR 71% (H-71%, R-71%), herd management software in the dairy 60% (H-50%, R-87%), automatic plant wash systems 43% (H-34%, R-64%), in-parlor feeding 37% (H-20%, R-82%) and electronic identification 35% (H-20%, R-73%). Forty-nine percent of parlors were built in the previous 15 years, and 50% of parlors had been upgraded within the last 5 years.

Automatic Milking Systems (Robotic milking)

Uptake of automated milking systems (AMS) is currently around 25 and 40 AMS farms in New Zealand and Australia, respectively. Key limitations are the comparatively high investment cost, changes required to the farm system for distributed milking over 24 hours in pasture-based systems, and walking distance impact on production that makes AMS better suited to smaller farms. More recently, options such as the DeLaval robotic rotary (DeLaval International AB, Tumba, Sweden) and the GEA Dairy Pro Q (GEA Farm Technologies Bönen, Germany) have provided robotic milking systems working in a rotary context, however none have yet been installed in New Zealand.

Variable rate fertilizer and irrigation application

Best practice nutrient application requires the right product, applied in the right place, at the right rate and right time. Variable

rate fertilizer application is commercially available in New Zealand, at a variety of scales, and can provide suitable accuracy of application and proof of placement on digital farm maps for environmental auditing purposes.

Variable rate irrigation can be used at a simple level to exclude areas not requiring water, and at a more sophisticated level to apply water in accordance with information on soil water holding capacity for water use efficiency, and to avoid drainage through the soil which increases the risk of nitrate leaching. However, the value proposition of variable rate irrigation is not well defined for many farms (e.g. how much soil variation is required to justify variable rate application), therefore there is limited implementation of the approach in New Zealand.

Factors influencing adoption of precision dairy technologies

Few studies have examined the factors influencing the use of precision technologies and even fewer relate specifically to pasture-based systems. Key drivers of technology adoption are reported to be productivity, compliance, and availability of skilled labour (Edwards *et al.*, 2014, Anderson, 2015). An initial barrier to technology uptake was that many of the technologies were adapted and transferred from other industries or farming systems rather than developed to meet the requirements of the pasture-based dairy farmers (Borchers and Bewley, 2015, Eastwood and Yule, 2015). Commonly reported limitations are a lack of perceived economic value, and poor technical support and training (Russell and Bewley, 2013, Eastwood *et al.*, 2017a). Other factors include challenges of on-farm implementation, such as learning networks that are fragmented, under-skilled staff lacking specific knowledge, and organizational factors including a lack of industry research, development, and extension focus on technology integration for differing farming systems (Eastwood *et al.*, 2017b).

Determining the value of technologies is difficult as drivers for investment often include personal and social values as well as economic factors (Pannell *et al.*, 2006). Evidence-based performance information is rarely available to farmers prior to investment as performance is difficult to measure in a commercial farming operation and is often anecdotal (Eastwood *et al.*, 2016). Training and learning networks are essential components of successful technology adoption. Farmer-to-farmer learning is an effective method for new adopters to gain expertise in a technology (Kilpatrick and Johns, 2003, Eastwood *et al.*, 2012), but there are often insufficient experienced farmers close enough to form farmer-to-farmer learning groups. Consideration should also be given to the positive and negative social and environmental impact of technology adoption.

Some insight into factors influencing adoption of precision dairy technologies in pasture-based farming system has been provided in two recent studies on grazing decision-support systems (Eastwood *et al.*, 2017c) and individualized feeding systems (Dela Rue and Eastwood, 2017).

Motivations and challenges with grazing management decision-support systems

Dairy farm profitability in New Zealand is closely related to the amount of pasture consumed per hectare (Chapman *et al.*, 2014) and the value of improved grazing management is substantial (Beukes *et al.*, 2015). However, the amount of pasture harvested varies considerably between farms (McCarthy *et al.*, 2014), and the use of pasture measurement tools and decision support systems (DSS) is limited (King *et al.*, 2010, Eastwood 2017c).

A study of farmers, consultants, commercial software developers, and farming systems specialists (Eastwood *et al.*, 2017c), highlighted that current grazing decision-support tools lack a combination of factors used by farmers when making grazing management decisions.

These included; seasonality (DSS treated the year as a constant rather than incorporate seasonal decision points), simplicity, ability to test before purchase without losing the input data, flexibility in application, scalability to match farm ownership structures, regional influences, mobility (use of data on mobile phones while on farm) and integration of the data into other decision-support products.

In that study, users of the grazing software were motivated by; the ability for planning and control, an underlying interest in data and monitoring key performance indicators, benchmarking and reporting, and enabling information sharing within the farm team. Key factors inhibiting prospective users included; a lack of desire to change current practice, lack of time to invest in learning the system, low perception of value, lack of awareness of tools, and a perceived lack of a need for this solution. While users indicated value in using DSS, the value proposition was not clear enough to engage non-users to invest the time in the data collection to reap the benefits.

In addition to improving the DSS offering by addressing the issues raised above, reducing the amount of time required for farm-wide pasture data appears to be an essential component to widespread use of pasture DSS. Automation of pasture measurement through land-based, aerial or satellite technologies is likely to be the catalyst for increasing pasture DSS use.

Motivations and challenges with individualized feeding of supplement to dairy cows

The motivations for investment, current practices, perceptions of value, and challenges facing New Zealand dairy farmers using individualized feeding systems in pasture-based farm systems were investigated by Dela Rue and Eastwood (2017) using interviews and a survey.

Farmers were commonly motivated to invest in this technology to improve productivity over flat-rate feeding where all cows are offered the same amount of supplement. Key reasons given for investment included; improve herd milk yield (81% of farmers surveyed) reduce feeding costs (55%), manage body condition score (55%), and manage specific cows according to needs (53%). Most farmers strongly believed that there was value in this approach, contrary to research that indicates no marginal milk production benefit compared with flat-rate feeding (Hills *et al.*, 2015).

Challenges reported by the farmers included a lack of readily available information to inform investment, implementation, and profitable use of this technology. Only a fraction of the feeding systems' capabilities were being used, and time constraint was given as a barrier to learning more about their systems.

Farm consultants interviewed in this study reported a lack of a clear value proposition for investment and little information available to support the farmers' view of perceived benefits. The consultants believed that in many cases farmers lacked the skills to extract and interpret data, making them more reliant on external advice which was inadequate in terms of number of advisors with expertise in supplementary feeding in a pasture-based system.

Future technology adoption

Existing technologies

An immediate opportunity exists for greater adoption of existing technologies by addressing key limitations including: Improved functionality/fit with farmer decision-making by using farmers in co-development of solutions; Evidence-based information on technology performance using agreed standard evaluation protocols to support value-driven investment decisions; Integrated data for on- and off-farm technologies and databases to support improved decision-making; Increased use of smartphone apps to make data available to farmers when needed; Development of learning networks to up skill farmers in the selection and effective use of technologies and data.

Emerging technologies

Many new technologies are under development or already in limited market release. The following are examples that may have a significant impact on dairy farming in New Zealand.

Automated body condition scoring

An automated body condition score camera system (DeLaval International AB, Tumba, Sweden) is now commercially available in New Zealand. The value proposition of regular data as opposed to assessments made 3-4 times *per* year for tactical management in pasture-based farming systems is currently being assessed by DairyNZ. There may be a future use for this data in animal welfare auditing. Future lower cost measurement options may include the use of smart phone camera images with artificial intelligent software to condition score cows from photos.

Automated pasture measurement

Automated pasture measurement is a key requirement for a higher proportion of farmers to use pasture data in their grazing

management decisions. Options close to commercial release include an automated version of the C-Dax rapid pasture meter (C-Dax Limited, Palmerston North, New Zealand) that is currently towed behind a farm vehicle; UAV (drones) with cameras for pasture measurement although no drone-based imaging system has yet been calibrated for ryegrass cultivars; Cameras on fixed-wing aircraft that may be a more economic option than UAV over areas greater than about 1000 ha. The usefulness of the data gathered depends on the camera used, but a more sophisticated (and heavier) camera can be carried by fixed wing aircraft. An advanced hyperspectral camera attached to a fixed wing aircraft is currently being used to sense nutrient status of hill-country pastures remotely as part of a research programme (Centre for Precision Agriculture, Massey University, New Zealand). Use of satellite-based sensors has previously been shown to have limitations related to cloud cover and infrequent orbiting of satellites (Clark *et al.*, 2007). Improvements in sensors and increased frequency of satellite passes has led to a renewed interest in a commercial pasture measurement service. Regionally measured data would allow benchmarking of pasture harvested information from farms with similar pasture harvest potential to drive improved management.

Internet of Things (IoT)

Farmers across New Zealand will soon have access to low-cost farm-wide IoT sensors through the implementation of extended cellular networks and low-power wide-area networks (LPWAN). IoT is anticipated to be a transformational catalyst for widespread use of technologies on farms. The initial value proposition is the significantly lower costs of battery operated sensors and data transmission. IoT sensor providers promise operating costs at a fraction that of current precision farming systems, which is important to low-cost farming operations. Data integration from

multiple systems, decision support, timeliness, and farmer friendly functionality are critical to useful technology solutions and present a challenge to effective use of IoT data.

Big data and artificial intelligence

The potential of software and appropriate analyses in a data-rich farming sector is exciting but there should be examination of both the benefits and potential issues. Big data analysis on national databases has already made a significant impact on farm profitability through improvements in cow genetics using tools such as genomics. Opportunities exist to combined real-time data from animals across the country, using precision technology such as automated body condition scores, liveweight, as well as health and reproduction data.

Software referred to as ‘middleware’ is the potential broker between the many independent and proprietary products that farmers use. It has the potential to integrate, analyze and present decision-making information generated from sensors from different manufacturers with other data from on- or off-farm sources. Data could be made available remotely to consultants for timely advice. The concept of a ‘virtual farm manager’ where recommended management decisions are presented to the farmer is plausible.

Virtual fencing

Two companies have prototype virtual fencing collars under evaluation; Agersens™ in Australia, and Halter™ in New Zealand. The potential benefits of virtual fencing technology are widespread and include environmental protection, improved pasture allocation, labour savings and, potentially, the ability to manage animals individually. For dairying, the greatest system performance challenge is likely to be grazing pressure, where

cows seek more pasture than their current allocation. Device reliability and the value perceived by farmers, the training time involved (for animals and farmers), and perceptions around animal welfare are also important.

Conclusion

Adoption of precision technologies in pasture-based farming systems remains low for reasons including cost, uncertainty of value, fit within current infrastructure or farm team skills, unwillingness to change current practices or dedicate time to learning the new system. However, there is strong interest in technology where value is more certain, including areas such as automating tasks, supporting less skilled staff, and providing proof of practice for compliance requirements. Increasing productivity remains a key driver of technology adoption, even when there is often little evidence to support the benefits.

Advances in farm-wide data connectivity using cellular networks and LPWAN that use low cost battery-operated sensors, will support labor efficiency gains, and improved management of animals and physical resource variability. Data integration from on- and off-farm sources will be essential to improve decision-making and will also allow greater involvement of consultants and provide options for market traceability.

Farmer investment decisions should include the ability of the technology to; meet their goals, perform as required, fit with the current infrastructure and on-farm skills and attitudes. The technology must also have a comparative advantage over other technology and non-technology options, in terms of operational practice, economics, and the social and environmental impact.

References

- Anderson, J. 2015. The impact of machine to machine communication on the dairy industry in New Zealand. Available at https://www.kellogg.org.nz/uploads/media/Anderson_J_THE_IMPACT_OF_MACHINE_TO_MACHINE_COMMUNICATION_ON_THE_DAIRY_INDUSTRY_IN_NEW_ZEALAND_FINAL_.pdf [Verified 30 October 2017]
- Borchers, M. R. and J. M. Bewley. 2015. An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. *Journal of Dairy Science* 98:4198-4205
- Beukes, P.C.; McCarthy, S.; Wims, C.M.; Romera, A.J. 2015. Regular estimates of paddock pasture mass can improve profitability on New Zealand dairy farms. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 77: 29-34.
- Chapman, D.F., Beca, D., Hill, J., Tharmaraj, J., Jacobs, J.L., Cullen, B.R. 2014. Increasing home-grown forage consumption and profit in non-irrigated dairy systems. 4. Economic performance. *Animal Production Science* 54: 256-262.
- Clark, D., J. Caradus, R. Monaghan, P. Sharp, and B. Thorrold. 2007. Issues and options for future dairy farming in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 50(2):203-221. DairyNZ Ltd. 2016. *New Zealand Dairy Statistics 2015-16*. Accessed October 30, 2017. <https://www.dairynz.co.nz/media/5416078/nz-dairy-statistics-2015-16.pdf>. [Verified 30 October 2017]

- Dela Rue, B.T.; Eastwood, C.R. 2017. Individualised feeding of concentrate supplement in pasture-based dairy systems: practices and perceptions of New Zealand dairy farmers and their advisors. *Animal Production Science* 57: 1543-1549.
- Dharma, S., W. Shafron, and M. Oliver. 2012. *Australian Dairy: Farm Technology and Management Practices, 2010-11*. ABARES.
- Eastwood, C. R., Chapman, D. F., Paine, M. S. 2012. Networks of practice for construction of agricultural decision support systems: Case studies of precision dairy farms in Australia. *Agricultural Systems*, 108, 10-18.
- Eastwood, C. R., & Yule, I. 2015. Challenges and Opportunities for Precision Dairy Farming in New Zealand. *Farm Policy Journal*, 12(1), 33-41.
- Eastwood, C. R., S. Chaplin, B. Dela Rue, N. A. Lyons, and D. Gray. 2016. Understanding the roles of farm advisors in precision dairy farming. In *Proc. International Precision Dairy Farming Conference*. Wageningen Academic Publishers, Leeuwarden, The Netherlands.
- Eastwood, C.R., Dela Rue, B.T. 2017a. Identification of performance attributes for pasture measuring devices. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. In press.
- Eastwood, C., L. Klerkx, and R. Nettle. 2017b. Dynamics and distribution of public and private research and extension roles for technological innovation and diffusion: Case

studies of the implementation and adaptation of precision farming technologies. *Journal of Rural Studies* 49:1-12.

Eastwood, C.R.; Dela Rue, B.T.; Gray, D.I. 2017c. Using a 'network of practice' approach to match grazing decision-support system design with farmer practice. *Animal Production Science* 57: 1536-1542.

Edwards, J.P.; Dela Rue, B.T.; Jago, J.G. 2015. Evaluating rates of technology adoption and milking practices on New Zealand dairy farms. *Animal Production Science* 55: 702-709.

Hills JL, Wales WJ, Dunshea FR, Garcia SC, Roche JR. 2015. Invited review: An evaluation of the likely effects of individualized feeding of concentrate supplements to pasture based dairy cows. *Journal of Dairy Science* 98:1363-1401.

Jago, J., C. Eastwood, K. Kerrisk, and I. Yule. 2013. Precision dairy farming in Australasia: adoption, risks and opportunities. *Animal Production Science* 53: 907-916.

Kamphuis, C., Dela Rue, B. and Eastwood, C.R., 2016. Field validation of protocols developed to evaluate in-line mastitis detection systems. *Journal of Dairy Science*, 99:1619-1631.

Kilpatrick, S., Johns, S. 2003. How farmers learn: Different approaches to change. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 9, 151-164

King, W.M., Rennie, G.M., Dalley, D.E., Dynes, R.A.; Upsdell, M.P. 2010. Pasture Mass Estimation by the C-DAX Pasture Meter: Regional Calibrations for New Zealand. In:

Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science Symposium 2010. Lincoln, New Zealand. Caxton Press, Christchurch: 233-238.

Lyons, N.A, Eastwood, C.R., Dela Rue, B.T., Kerrisk, K.L. 2016. Current and future adoption of milking related technologies on Australian and New Zealand dairy farms. In Proc. International Precision Dairy Farming Conference. Wageningen Academic Publishers, Leeuwarden, The Netherlands.

McCarthy, S.; Hirst, C.; Donaghy, D.; Gray, D.; Wood, B. 2014. Opportunities to improve grazing management. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 76: 75-80.

Pannell, D.J., Marshall, G.R., Barr, N., Curtis A., Vanclay, F., Wilkinson, R. 2006. Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. Australian Journal of Experimental Agriculture 46:1407-142.

Russell, R. A. and J. M. Bewley. 2013. Characterization of Kentucky dairy producer decision-making behaviour. Journal of Dairy Science 96:4751-4758

Watson P., 2009. Cow Time Tracking Survey 2009. Report Prepared for the Department of Primary Industries Victoria [Online]. Available at http://www.cowtime.com.au/edit/Reports/COWTIME_TRACKING_SURVEY_2009_REPORT_FINAL.PDF [Verified 30 October 2017]

Table 1. The percentage of farms with selected automation and information technologies for herringbone (n=265), rotary (n=235) dairies and all dairies (adjusted for the % of New Zealand farms with each dairy type).

Technologies	Herringbone (%)		Rotary (%)		All dairies (%)	
	Have	Want	Have	Want	Have	Want
Automation Technologies						
Vat wash systems	63 (41)	2 (10)	62 (48)	2 (4)	63 (43)	2 (9)
In-bail feeding	22 (18)	10 (12)	62 (43)	10 (10)	33 (23)	10 (11)
Automatic teat spraying	13 (11)	21 (16)	66 (49)	13 (15)	27 (18)	19 (16)
Automatic cup removers (ACR)	13 (9)	22 (22)	70 (54)	19 (28)	29 (18)	21 (23)
Yard wash-down system	14 (13)	16 (8)	42 (32)	11 (5)	21 (17)	15 (7)
Plant wash system	13 (11)	14 (9)	34 (23)	8 (10)	19 (13)	12 (9)
Automatic sorting	6 (2)	43 (38)	39 (11)	42 (39)	15(4)	42 (38)
Information Technologies						
Electronic ID	32 (3)	3 (13)	51 (13)	4 (20)	37 (5)	3 (14)
In-line mastitis detection (conductivity, SSC)	3 (2)	17 (16)	14 (4)	22 (18)	6 (2)	19 (16)
Electronic milk meters (yield)	1 (1)	8 (9)	14 (6)	20 (8)	4 (2)	11 (9)
Automatics animal weighing	1 (4)	9 (5)	8 (3)	19 (4)	3 (4)	11 (5)
Automatic heat detection (activity monitoring)	3 (0)	5 (2)	4 (0)	15 (6)	3 (0)	7 (3)
None of the above						
	20 (31)	8 (5)	4 (11)	6 (3)	16 (-)	7 (5)

Adapted from Lyons *et al.*, 2016.

Nutrición y alimentación de precisión en rumiantes de crecimiento y engorda

Felipe Pino San Martín, PhD

Asesor privado en Nutrición y Alimentación de rumiantes

Introducción

La situación económica mundial de los últimos 20 años ha dado paso a una gran cantidad de cambios en los sistemas productivos. El sector ganadero no es la excepción, y en los últimos años se han generado nuevas formas de trabajo y oportunidades para aprovechar los recursos, ya sean nuevos o reinventarse en la utilización de recursos tradicionales. Según FAO (FAO, 2009), la demanda de alimentos de origen animal tendrá un aumento significativo en los próximos años, ya que la población mundial alcanzará los 9,1 billones de habitantes para el 2050. Se estima que, para ese año, la población mundial requerirá un aumento en el 100% de la producción de alimentos actuales, de los cuales el 70% va a provenir de tecnologías más eficientes y mejoradas. Gran parte de estos alimentos serán proporcionados por los rumiantes, quienes por su capacidad de utilizar el potencial fotosintético de las pasturas y transformarlos en alimentos que pueden ser usados por el humano, como la leche y la carne (Morgavi *et al.*, 2010), tienen gran parte de la tarea de la alimentación a futuro.

Para aumentar la producción en forma eficiente y sin perjudicar a los animales, las personas y el medio ambiente, es necesario mejorar los procesos productivos, aumentar la tecnificación, mejorar la productividad y reducir la contaminación ambiental, para que este proceso sea sustentable. Para lograr ser más eficientes, productivos y sostenibles en el tiempo, es fundamental articular la cadena de valor, generar nuevos conocimientos y

aprender de las investigaciones y los casos exitosos que se han presentado hasta el momento.

Las pregunta... ¿qué entendemos por eficiencia?... Por lo general, es definida como la capacidad de lograr lo que deseamos hacer con los mínimos recursos posibles y/o en el menor tiempo posible. En términos de productividad, esta eficiencia será determinada por la máxima producción con la menor utilización de recursos disponibles. Pero en términos de la producción agrícola, la nutrición y alimentación eficiente, envuelve más conceptos que la sola producción a un menor costo. Este es un concepto utilizado en los últimos 15 a 20 años y que deriva del inglés “precisión feeding”, que se basa en la existencia de una variación en la productividad animal involucrando diversas técnicas de alimentación y nutrición, que permiten entregar la correcta cantidad de alimento, con una precisa composición nutricional en el momento adecuado para cada animal del rebaño. Esto se usó para mejorar la utilización de los nutrientes y reducir el costo de alimentación y nutrientes no consumidos o eliminados por el animal. Dentro de este esquema de alimentación, donde más experiencias se han sacado es reduciendo la suplementación de nitrógeno y fósforo en nutrición de rumiantes, y en los últimos años, muchos más estudios se han desarrollado para mejorar la eficiencia de alimentación en rumiantes.

Los orígenes de las dietas de precisión

Investigando sobre el consumo energético de los órganos del sistema digestivo y evaluando el comportamiento de estos órganos con diversas dietas, Reynolds *et al.* (1991a,b), variaron las proporciones de forraje y concentrado en raciones para vaquillas de engorda. Estos experimentos evaluaron el comportamiento del metabolismo energético de las vaquillas y también la utilización de energía de todos los órganos mesentéricos y el hígado.

Reynolds *et al.* (1991b) observaron que cuando las vaquillas se alimentaron a un mismo nivel de energía metabolizable, las que consumieron una mayor proporción de concentrados (25:75 vs. 75:25 relación forraje:concentrado F:C) presentaron un menor incremento calórico (eliminación de energía por calor). Esto determinó un aumento significativo de acumulación de energía en los tejidos. Reynolds *et al.* (1991b) demostraron que los órganos mesentéricos consumieron menos oxígeno en las vaquillas alimentadas con una alta proporción de concentrados, lo que concuerda con una menor utilización de energía. De la misma manera la liberación de glucosa a los órganos periféricos fue también mayor en las vaquillas alimentadas con una mayor proporción de concentrados, esto debido a la disminución de metabolismo de la glucosa y a una menor utilización de energía por los órganos viscerales (Reynolds *et al.*, 1991a).

Cuando se evaluó la eficiencia de retención de nitrógeno, se observó que mientras mayor fue el consumo de nitrógeno en las vaquillas que consumieron mayor proporción de forraje en la ración, la retención de nitrógeno fue menor que en las vaquillas que recibieron una mayor proporción de concentrado en la dieta. En relación al consumo de materia seca (CMS) y a la excreción de nutrientes, las vaquillas que recibieron una dieta alta en forrajes excretaron una mayor cantidad de fecas (base MS), nitrógeno, energía fecal y también mayor evacuación de nitrógeno urinario.

En conclusión, mientras mayor fue la proporción de concentrado que consumieron las vaquillas, la retención de energía y nitrógeno fueron mayores. De este modo, se puede afirmar que estas vaquillas utilizaron mayor cantidad de energía metabolizable en los órganos periféricos, determinando un mayor crecimiento óseo y muscular en estos animales en crecimiento. Así, se entendería que a iguales consumos de energía metabolizable, los animales

que consumen una mayor proporción de concentrado y por ende menor consumo de materia seca total fueron más eficientes, disminuyendo las pérdidas energéticas por calor y utilizando esa energía en crecimiento.

Simultáneamente, mientras se realizaban estos estudios de utilización de energía metabolizable, Loerch (1990), evaluó el crecimiento y ganancia diaria de peso (GDP) de novillos alimentados con dietas restringidas en el consumo total de MS, pero que entregaban el total de requerimientos energéticos y proteicos en base a concentrados durante el crecimiento. A estos animales se les restringió un 20 o 30% de la dieta en base a silo de maíz y fue reemplazado por maíz grano húmedo. Con esto se observó que la digestibilidad de los nutrientes y la eficiencia de conversión alimenticia (ECA) fueron mejores para los animales que presentaron una dieta restringida, especialmente los que fueron más severamente restringidos (Tabla 1). Resultados similares fueron reportados con anterioridad por el profesor de la Universidad Estatal de Oklahoma Dr. Lake (1981), quien además concluyó en sus ensayos que, además de mejorar la digestibilidad de los nutrientes y ser más eficientes, los animales reducían la producción de fecas, disminuía las horas de trabajo del personal y se desperdiciaban menos ingredientes y desechos, en los animales restringidos. Analizando estos trabajos realizados en animales de carne, Hoffman *et al.* (2007) fueron precursores en reducir el consumo de MS en 10 y 20%, comparado con vaquillas de lechería *ad libitum*, evaluando la eficiencia de conversión alimenticia. Los resultados fueron similares, aumentó la digestibilidad de los nutrientes y mejoró la ECA, con lo que redujo notoriamente la producción de fecas y residuos de la dieta. Posteriormente, la Universidad Estatal de Pensilvania y el grupo de investigación en terneros y vaquillas del Dr. Heinrichs desarrollaron ampliamente el concepto de dietas restringidas en

vaquillas de lechería, lo que finalizó en una reorganización del concepto y pasaron a tratar el tema como “*dietas de precisión*”. Por mucho tiempo se llamó a esta técnica, de mejorar la ECA, como nutrición limitada en consumo o dietas limitadas en consumo. Sin embargo, el concepto “*dietas de precisión*” es más que el solo hecho de reducir el consumo de MS. ¿Cuál es la diferencia entre dietas restringidas y dietas de precisión?. El concepto de nutrición de precisión, está basado principalmente en la combinación de un modelo de nutrición más preciso, que alimenta en base a los requerimientos específicos de los animales, el aporte de los nutrientes y técnicas de alimentación que permiten mejorar la digestibilidad de los nutrientes y generar una óptima ECA. Es un concepto que involucra además de una mejor utilización de los recursos, disminuir las pérdidas y reducir la contaminación al medio ambiente. Esta técnica de alimentación es posible de ser utilizada en la mayoría de las especies productivas y en la mayoría de las etapas productivas para cada especie, obteniendo mucho mejor resultado en algunas etapas productivas específicas, como sucede con animales en crecimiento.

Fisiológicamente, las dietas de precisión producen cambios metabólicos. Al usar correctamente los nutrientes, principalmente nutrientes altamente digestibles para entregar una ración controlada y optimizar la GDP, entregar energía sobre los niveles de mantención y estimular el crecimiento, las dietas de precisión reducen el CMS para reducir los costos metabólicos del proceso de digestión (Reynolds *et al.*, 1991 a y b; Figura 2).

Nutrición de precisión en terneros de lechería

Las terneras representan un costo importante en una explotación lechera (alimentación, instalaciones, mano de obra, etc.) y no aportan ningún beneficio económico hasta el primer parto. A menudo representan entre el 14 % y el 20% del total de los

gastos de un predio. El manejo ideal de estas terneras debe centrarse en obtener animales de alta calidad, con el mayor potencial productivo y a un costo mínimo para el productor sin perjudicar su salud ni contaminar el medio ambiente (Zanton and Heinrichs, 2004).

En las últimas dos décadas se han realizado investigaciones en relación a la nutrición de terneros y una dieta de precisión. Los trabajos más antiguos (entre los años 1990 y 2000) se concentraron en las necesidades y requerimientos de las terneras, la GDP y la relación entre la edad y el primer parto, y los efectos de varios índices de crecimiento, tanto antes como después de la pubertad, sobre la lactancia. Utilizando meta análisis (Zanton and Heinrichs, 2005) determinaron que la tasa óptima de crecimiento para una ternera post destete y una vaquilla Holstein previo a la pubertad, era de 800 g/ día (Figura 1). De esta manera se obtiene el máximo productivo, sin afectar la salud de las terneras, ya sea por desnutrición o exceso de condición corporal y sobre engrasamiento. Otros trabajos han mostrado que la tasa de crecimiento después de la pubertad no afecta el rendimiento productivo de las lactancias posteriores (Zanton and Heinrichs, 2008a). Una vez que se determinaron el óptimo crecimiento y los índices de crecimiento, muchos de los estudios publicados después de 2005 se centraron en examinar las necesidades de proteína, energía y minerales para alcanzar estos resultados.

Proteína

Estudios demuestran que sustitutos lácteos con niveles de proteína cruda (PC) superiores a 20%, presentan una mayor tasa de crecimiento y GDP. Sin embargo, esto va en detrimento del consumo de concentrado en la etapa inicial, con la consecuente disminución del desarrollo ruminal, por ende, menor eficiencia económica durante la etapa de crianza temprana (Chapman *et al.*,

2017). Esto es, porque a menor desarrollo del rumen, los terneros requieren de una etapa más prolongada de dieta láctea. Esto significa un mayor costo por kg de GDP, que si el ternero es transformado a rumiante lo antes posible, ya que el costo de dieta láctea es mayor a la dieta de rumiante. Por lo tanto, el objetivo en esta etapa es maximizar el consumo de MS en base a consumo de concentrado. En el caso de dietas de precisión en general, debemos considerar el consumo de N y la retención más que el contenido de PC de la dieta (Zanton and Heinrichs, 2008b; Chapman *et al.*, 2017). Al igual que los rumiantes adultos, el exceso de consumo de N que no es utilizado en la síntesis de proteína microbiana o proteína por parte de los terneros, es excretado por la orina y las heces. Es importante recalcar que al igual que en rumiantes adultos, el proceso de conversión de amonio a urea en el hígado, genera un gasto energético, y en el caso de los terneros se estima que este costo es aún más alto, ya que el hígado no está 100% desarrollado y carecen de algunos procesos enzimáticos, por lo que el costo de esta conversión es perjudicial para el metabolismo energético y reduce la disponibilidad de energía que los terneros utilizarían para crecer. Así se observa en la Tabla 2, donde con 3 diferentes calidades de sustituto lácteo, la retención de N es mayor y por ende son más eficientes las terneras que consumen un nivel proteico tradicional en un sustituto (20% PC) que las que recibieron sustitutos con una mayor cantidad de PC (26%) o mayor cantidad de alimentación. Por lo tanto, para una óptima nutrición y alimentación de precisión en terneras, no son necesarios valores exagerados de PC en el sustituto lácteo.

Consumo de grasa durante la crianza

Al igual que el comportamiento de la proteína, el consumo de grasa durante la etapa inicial de los terneros afectará la eficiencia de crecimiento. En el caso de la grasa, ya sea en el sustituto lácteo

o en el concentrado en forma de aceites vegetales, modulará el CMS y la ECA. Se ha demostrado que sustitutos lácteos altos en grasa o concentrados altos en aceites vegetales o de palma, disminuyen el consumo de MS, por ende, una menor GDP y por sobre todo afecta el consumo de concentrado (Kuehn *et al.*, 1994). De esta manera, el ternero retrasa el desarrollo de las papilas ruminales y es menos eficiente económicamente durante el período de crianza inicial (Kuehn *et al.*, 1994; Tikofsky *et al.*, 2001). Esto se produce principalmente por un estímulo de los péptidos anorexígenos del centro de la saciedad a nivel hipotalámico inducido por la secreción de leptina, ghrelina, la serotonina, la colecistoquinina y el neuropéptido Y.

Otro factor importante es el contenido de energía metabolizable en el sustituto lácteo. Como se observa en la Tabla 3, Kuehn *et al.* (1994) observaron mientras mayor era el consumo de energía metabolizable proveniente del sustituto lácteo, menor era el consumo de MS de concentrado, por ende, la GDP era menor en los terneros que consumían más grasa y así se hace menos eficiente el período de crianza inicial.

Nutrición de precisión en vaquillas de lechería

Una adecuada nutrición de las vaquillas es la clave para optimizar la GDP previo al parto, un correcto desarrollo de la glándula mamaria y una buena producción a futuro. Tradicionalmente, las vaquillas han sido alimentadas con dietas *ad libitum* en base a forrajes, bajas en contenido energético para cubrir los requerimientos nutricionales. Sin embargo, esto no siempre es lo óptimo, ya que el consumo excesivo de fibra, sobre todo de fibra con altos porcentajes de NDF puede limitar el CMS y no satisfacer los requerimientos de las vaquillas en crecimiento (Pino, 2016).

En las vaquillas (considerando como vaquillas a las terneras post-destete con un rumen funcional), como en otros animales, el consumo de materia seca (CMS) está inversamente relacionado con la digestibilidad. Las vaquillas son fisiológicamente ineficientes en relación a la utilización y digestión de los forrajes *ad libitum*. Reducir el CMS trae consigo menores tasas de circulación de los alimentos por el rumen. Así, los microorganismos ruminales disponen de más tiempo para degradar la fibra y otros nutrientes, por lo que mejora la digestibilidad de los alimentos (Pino, 2016). En los últimos 15 años también se ha puesto de manifiesto que aproximadamente el 40% de las necesidades de energía de mantenimiento de los rumiantes en crecimiento se utiliza para procesos relacionados con la digestión. Por lo tanto, cuanto menos MS consume un animal, más energía se utiliza en el crecimiento y menos en mantención (Reynolds *et al.*, 1991a). La combinación de estos dos principios nutricionales generaría mejoras importantes en la utilización del alimento y en la eficiencia de la alimentación de vaquillas lecheras y en rumiantes en crecimiento. De esta forma, el concepto de alimentación de precisión es la combinación de un conocimiento más concreto entre las tasas de crecimiento y las necesidades de nutrientes para alcanzar estas tasas, y el uso de herramientas para mejorar la digestibilidad y el índice de conversión.

El tipo de dieta y la cantidad de alimento, también afectan a la ECA y son uno de los principales factores a considerar en la nutrición y alimentación de precisión. Obviamente, el forraje y la digestibilidad de la ración son también fundamentales. Los ingredientes más digestibles son los más eficientes. Muchas explotaciones lecheras modernas buscan obtener, almacenar y utilizar forrajes de alta calidad, que encaja muy bien con el concepto de alimentación de precisión (Zanton and Heinrichs,

2008ac). Proporcionar a las terneras una dieta equilibrada es fundamental. En el caso de una alimentación de precisión no se ofrecen forrajes a libre disposición a los animales, y lo más probable es que la dieta equilibrada se proporcione en forma de ración total mezclada (TMR) o mezcla de forraje y grano, una vez al día (Pino, 2016). Algunos estudios han valorado la suplementación con forraje grueso para mantener la rumia de las vaquillas, pero de esta forma hay más competencia entre ellas y selección por el grano y la digestibilidad de la dieta se reduce, por lo que no se recomienda el material a libre disposición complementario a la alimentación de alta precisión de vaquillas (paja o rastrojos de maíz, por ejemplo). Agregar alimentos de baja digestibilidad como forrajes toscos o pajas, va totalmente en contra del concepto de precisión, ya que va a disminuir notoriamente la digestibilidad de la fibra y con esto se empeorará la digestibilidad de la ración (Pino and Heinrichs, 2016; Pino, 2016; Zanton and Heinrichs, 2009).

Las investigaciones recientes se han enfocado en proporcionar algunos cambios nutricionales en relación a cambios en el manejo de la dieta, que puedan provocar aumentos en la ECA usando raciones con alto contenido energético, pero reduciendo el CMS total de la ración, esto se conoció por largo tiempo como dietas restringidas. Así, de esta manera, se evita tener animales con exceso de condición corporal y engrasamiento de la glándula mamaria, lo que sería contraproducente para el parto y la producción de la primera lactancia (Zanton and Heinrichs, 2005). Dietas restringidas en CMS proveen proteínas y energía necesaria para cubrir los requerimientos de mantención y crecimiento, reduce las pérdidas energéticas y mejora la ECA en vaquillas, además de reducir las pérdidas de nutrientes por alimentos no consumidos y reducir los desechos, incluyendo la producción de heces (Hoffman *et al.*, 2007, Zanton and Heinrichs, 2009, Pino and

Heinrichs, 2016). Las dietas de precisión mejoran la ECA, reduciendo el consumo de MS y mantienen o mejoran la GDP (Loerch, 1990 Hoffman *et al.*, 2007; Zanton and Heinrichs, 2008a). Zanton and Heinrichs (2009) observaron que en dietas de precisión por cada kg menos de CMS, las fecas se reducían en 2,6 kg. Esto reduce horas de trabajo y gastos asociados al manejo de las fecas, sobre todo en sistemas confinados.

Proteínas en dietas de precisión

Si bien es cierto que los rumiantes requieren una proporción de la proteína que no sea degradable en el rumen para proporcionar una adecuada cantidad de amino ácidos al animal, observándose que ésta proporción es menor en relación a los animales adultos en las vaquillas en crecimiento, por lo tanto, casi la totalidad de la proteína suplementada puede ser proteína soluble (Zanton and Heinrichs, 2007). Para dietas de precisión se ha sugerido una proporción de PC:EM de 55g/Mcal/día. Así, se busca maximizar la GDP y la utilización adecuada de los nutrientes.

Zanton and Heinrichs (2009) evaluaron diferentes niveles de N con diferentes proporciones de forrajes y concentrados en vaquillas con dietas restringidas. Los investigadores observaron que la utilización y retención del N fue maximizada, mientras menor proporción de forraje contenía la ración. Ellos sugirieron modificar la forma de formular raciones para dietas de precisión y cambiaron el concepto de alimentación proteica por suplementación de N por kg de peso metabólico de la vaquilla. De esta manera, la recomendación óptima para maximizar la retención de N y disminuir la excreción de N no utilizado es alimentar las vaquillas con $1,67\text{g N/kg}^{0,75}$.

Lascano and Heinrichs (2011) observaron que la retención de N disminuía linealmente mientras aumentaba linealmente la cantidad

de pasto seco en dietas de vaquillas. Al mismo tiempo, el N ureico sanguíneo aumentaba también linealmente mientras mayor contenido de forrajes contenía la ración. El solo hecho de que el N en sangre aumente, significa que el animal realizará un gasto energético para eliminar el exceso de N por la orina. Este gasto energético está considerado dentro de los costos de alimentar con dietas *ad libitum*, generalmente altas en proteínas y por ende el consumo energético de mantención es más alto, disminuyendo la energía de crecimiento.

Energía y digestibilidad en dietas de precisión

La relación entre consumo de energía y retención de energía no es lineal, por lo que la máxima eficiencia de retención no ocurre con el mayor nivel de consumo energético (Ferrell and Jenkins, 1998). Esta es la principal justificación de las dietas de precisión, donde la eficiencia es mejorada por el manejo que se realiza en alimentación y nutrición (Loerch, 1990).

El costo metabólico de la digestión en los animales es mayor mientras mayor es el consumo de MS. El proceso de digestión, absorción y excreción de los nutrientes no utilizados por el sistema gastrointestinal requiere de un alto metabolismo oxidativo y utiliza una alta proporción de la energía dietaria para realizar esos procesos. El resto de la energía de la dieta será utilizada para los procesos metabólicos de mantención, crecimiento y productividad. Es importante destacar que los órganos mesentéricos, hígado, bazo y páncreas en conjunto utilizan alrededor del 40 a 50% del consumo de oxígeno de todo el cuerpo. De esta manera, si la cantidad de nutrientes a digerir es alta, la actividad metabólica y el consumo de oxígeno también aumentará con efectos incrementales en la utilización de los nutrientes (Reynolds *et al.*, 1991b).

El mejoramiento en la ECA observado con la reducción del CMS es explicado principalmente, por la reducción de la tasa de pasaje de los nutrientes (kp), aumentando la digestibilidad. Esto mantiene o aumenta la GDP, con reducción del consumo voluntario. Al mismo tiempo, el menor CMS va acompañado de una reducción en los desechos de nutrientes, ya que los animales van a consumir la ración total del día en unas pocas horas y también se reduce la cantidad de fecas. Un 10 a 20% de reducción en CMS disminuye la cantidad de deposiciones entre un 13 a 29%, declinando el manejo y horas hombre, haciendo más eficiente el sistema (Hoffman *et al.*, 2007). La disminución del CMS genera una disminución de tamaño de algunos órganos. Así lo reportó Reinolds *et al.*, (1991b), observando que el hígado y el tamaño total de los intestinos se reducían en los animales con dieta restringida con la consecuencia de una disminución de los requerimientos energéticos de estos órganos y mayor energía disponible para crecimiento (Loerch, 1990; Hoffman *et al.*, 2007). Estos resultados fueron observados en vaquillas de lechería y animales de engorda. Así, restringiendo el CMS y reduciendo la tasa de pasaje (kp), la digestión de los nutrientes aumenta y la eliminación de nutrientes se reduce. De esta manera la eficiencia de crecimiento de las vaquillas mejora sin efectos negativos en salud, crecimiento o producción láctea futura (Zanton and Heinrichs, 2009).

Relación forraje concentrados

Las dietas de precisión requieren preferentemente raciones con alta densidad energética, contrario a lo que se utiliza regularmente en animales de crianza, donde la mayor proporción de la dieta es en base a forrajes de menor calidad, bajos en energía y en forma *ad libitum*. Aunque este tipo de raciones contienen una mayor proporción de concentrados, el costo efectivo por unidad de nutrientes (principalmente energía y proteína) tiende a ser menor

(Zanton and Heinrichs, 2007). Las dietas altas en concentrados, generalmente presentan mayores tasas de digestibilidad de todos los nutrientes debido al menor CMS, el mayor tiempo de retención en el rumen y menor tamaño de las partículas en el rumen (por mayor rumia del mismo contenido ruminal). Esto prolonga la interacción y degradación de los nutrientes por parte de los microorganismos ruminales (Lascano and Heinrichs, 2011).

El concepto de usar una mayor proporción de concentrados en la ración de animales en crecimiento, ha sido bastante estudiada y demuestra mejoras en la ECA (Reynolds *et al.*, 1991b, Huntington *et al.*, 1996, Zanton and Heinrichs, 2008a, Lascano and Heinrichs, 2011, Pino and Heinrichs, 2016). En vaquillas, la digestibilidad aparente de MS, materia orgánica (MO) y cenizas aumentó notoriamente al utilizar dietas con mayor proporción de concentrados (Zanton and Heinrichs, 2009a, Lascano and Heinrichs, 2011). Lascano and Heinrichs (2011) y Pino and Heinrichs (2016) observaron que la digestibilidad aparente de los almidones de la dieta aumenta al incrementar la proporción de concentrado en la ración y Lascano and Heinrichs (2011) y Pino and Heinrichs (2016) reportaron aumentos de la digestibilidad de FND y FAD, mientras aumentaba la concentración de concentrados en la ración.

Zanton and Heinrichs (2009) reportaron mayor digestibilidad de la PC y del N consumido en vaquillas con baja proporción de forrajes en la ración, a su vez que los reportes de N excretado fueron reducidos, cuantificando que la retención de N fue mayor en los animales con mayor reducción del CMS y mayor contenido de concentrados en la ración (Zanton and Heinrichs 2009). De esta manera, el aumento en la digestibilidad, la menor excreción de N y la mayor retención mejoran la eficiencia del uso del N en

vaquillas que presentaron mayores tasas de consumos de concentrados.

Dietas de precisión en animales de producción de carne

Todo lo descrito con anterioridad se considera en forma similar para los animales de producción de carne. Reynolds *et al.* (1991a) y Huntington *et al.* (1996) observaron a iguales niveles de consumo de EM, los novillos que consumieron dietas altas en concentrados, reducían el incremento calórico y más energía quedó disponible para el crecimiento. Reynolds *et al.* (1991b) reportaron modificaciones en la digestibilidad de los nutrientes MS, MO, PC, extracto etéreo, cenizas, FND, FAD y hemicelulosa, siendo mayor en novillos que consumieron una dieta F:C (25:75), que en los que consumieron las dietas F:C (50:50) y F:C (75:25). Similares resultados fueron observados por Murphy *et al.* (1994) en corderos, cuando la proporción de concentrados aumentó en la ración. A medida que la proporción de concentrados aumentaba en forma lineal, también lo hacía la digestibilidad aparente de MS, MO, FND, FAD y almidón.

En resumen, mientras la proporción de F:C disminuye, la digestión de la MS, la MO y los almidones aumenta debido a un mayor contenido energético en el rumen, lo que permite un rápido crecimiento de los microorganismos y en conjunto con la menor tasa de pasaje y mayor tiempo de retención, aumenta la degradación de los nutrientes. Todo esto más la reducción de CMS y el menor consumo energético de los órganos mesentéricos genera una mejor ECA y por lo tanto, mejor eficiencia económica en el período de la crianza, permitiendo reducir los costos directos por unidad de crecimiento con efectos positivos en la rentabilidad predial (Figura 2).

Referencias

- Chapman C.E., Hill T.M., Elder D.R., Erickson P.S. 2017. Nitrogen utilization, preweaning nutrient digestibility, and growth effects of Holstein dairy calves fed amounts of a moderately high protein or conventional milk replacer. *J. Dairy Sci.* 100: 279-292.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2009. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. [En línea] <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf> [Consulta: 12 de julio 2017].
- Ferrell, C. L., and T. G. Jenkins. 1998. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford, and Tuli sires. *J. Anim. Sci.* 76:647-657.
- Hoffman, P. C., C. R. Simson, and M. Wattiaux. 2007. Limit feeding of gravid Holstein heifers: effect on growth, manure nutrient excretion, and subsequent early lactation performance. *J. Dairy Sci* 90:946-954.
- Huntington, G. B., E. J. Zetina, J. M. Whitt, and W. Potts. 1996. Effects of dietary concentrate level on nutrient absorption, liver metabolism, and urea kinetics of beef steers fed isonitrogenous and isoenergetic diets. *J. Anim. Sci.* 74:908-916.
- Kuehn CS, Otterby DE, Linn JG, Olson WG, Chester-Jones H, Marx GD, Barmore JA., 1994. The effect of dietary energy concentration on calf performance. *J Dairy Sci.* 77:2621-9.

- Lake, R. P. 1986. Limit feeding high energy rations to growing cattle. Roc. Feed Intake by Beef Cattle. Anim. Sci. Dept., Oklahoma State Univ. p 305
- Lascano, G. J., and A. J. Heinrichs. 2011. Effects of feeding different levels of dietary fiber through the addition of corn stover on nutrient utilization of dairy heifers precision fed high and low concentrate diets. J. Dairy Sci. 94:3025-3036.
- Loerch, S. C. 1990. Effects of feeding growing cattle high-concentrate diets at a restricted intake on feedlot performance. J. Anim. Sci. 68:3086
- Morgavi, D. P., Forano, E., Martin, C. and Newbold, C. J. 2010. Microbial ecosystem and methanogenesis in ruminants. Animal 4:1024-1036.
- Murphy, T. A., S. C. Loerch, and F. E. Smith. 1994. Effects of feeding high-concentrate diets at restricted intakes on digestibility and nitrogen metabolism in growing lambs. J. Anim. Sci. 72:1583-1590.
- Pino, F., and A. J. Heinrichs. 2016. Effect of trace minerals and starch on digestibility and rumen fermentation in diets for dairy heifers1. J. Dairy Sci 99:2797-2810.
- Pino, F. H. 2016. Factors that affect rumen fermentation and total tract digestion in precision fed dairy heifers. The Pennsylvania State University The Graduate School Department of Animal Science, Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy

- Reynolds, C. K., H. F. Tyrrell, and P. J. Reynolds. 1991a. Effects of diet forage-concentrate ratio and intake on energy metabolism in growing beef heifers—Net nutrient metabolism by visceral tissues. *J. Nutr.* 121:1004–1015.
- Reynolds, C. K., H. F. Tyrrell, and P. J. Reynolds. 1991b. Effects of diet forage-concentrate ratio and intake on energy-metabolism in growing beef heifers—Whole body energy and nitrogen balance and visceral heat-production. *J. Nutr.* 121:994–1003.
- Tikofsky JN1, Van Amburgh ME, Ross DA., 2001.Effect of varying carbohydrate and fat content of milk replacer on body composition of Holstein bull calves. *J. Anim. Sci.*79:2260-7.
- Zanton, G. I., and A. J. Heinrichs. 2004. Altering dry matter intake affects the nutritional efficiency of dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 87(Suppl.1):128.
- Zanton, G. I., and A. J. Heinrichs. 2005. Meta-analysis to assess effect of prepubertal average daily gain of Holstein heifers on first-lactation production. *J. Dairy Sci.* 88:3860–3867.
- Zanton, G.I, M. T. Gabler, and A. J. Heinrichs. 2007. Manipulation of soluble and rumen undegradable protein in diets fed to postpubertal dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 90:978–986
- Zanton, G. I., and A. J. Heinrichs. 2008a. Rumen Digestion and Nutritional Efficiency of Dairy Heifers Limit-Fed a High Forage Ration to Four Levels of Dry Matter Intake1. *J Dairy Sci* 91:3579-3588.

Zanton, G. I., and A. J. Heinrichs, 2008b. Analysis of nitrogen utilization and excretion in growing dairy cattle. *J Dairy Sci.* 91:1519-33.

Zanton, G., and J. Heinrichs. 2008c. Precision feeding dairy heifers: strategies and recommendations. College of Agricultural Sciences, DAS: 08-130.

Zanton, G. I., and A. J. Heinrichs. 2009. Digestion and nitrogen utilization in dairy heifers limit-fed a low or high forage ration at four levels of nitrogen intake. *J. Dairy Sci.* 92:2078–2094.

Tabla 1. Efecto de dietas restringidas en consumo de MS con alta proporción de concentrados en novillos en crecimiento durante 85 días

Variable	<i>Ad libitum</i>	Restricción		SE
		30 %		
Nº novillos	40	40		
Peso inicial, kg	246	246		
GDP, kg/día	0,88	0,88		0,03
CMS ¹ , kg/día	5,9 ^a	4,1 ^b		0,1
ECA	6,7 ^a	4,65 ^b		0,21
Digestibilidad MS,%	65,0 ^a	88,6 ^b		1,28

¹CMS: Consumo de materia seca. Adaptado de Loerch, 1990.

Tabla 2. Metabolismo de nitrógeno en terneros de 35 a 42 días alimentados con 3 fórmulas de sustituto lácteo (Chapman *et al.*, 2017).

Variables	Tratamientos ¹			SE	P valor
	CON	MOD	AGG		
Consumo N, g/día	51,5	54,9	52,8	3,72	0,8
Orina, kg/día	2,10 ^c	3,23 ^b	4,43 ^a	1,55	<0,001
Excreción N en orina, g/día	12,1 ^b	17,0 ^a	18,2 ^a	1,26	0,02
N en orina,%	0,55	0,52	0,40	0,06	0,21
Fecas, g MS/día	333 ^a	243 ^{ab}	214 ^b	29,3	0,03
Excreción N en fecas, g/día	13	10,7	11	1,28	0,41
N en fecas, %	3,93 ^b	4,73 ^{ab}	5,21 ^a	0,27	0,02
Retención de N, g/día	27,3	22,5	24,3	1,56	0,13
Eficiencia de N ² , %	52,7	46,7 ^b	44,4 ^b	1,19	0,01

Letras diferentes en misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

¹Tratamientos CON= 446 g sustituto, 20% PC, 20% EE, MOD= 669 g de sustituto, 26% PC, 18% EE, AGG =892 g sustituto, 26% PC y 18%EE.

² Eficiencia de N (%)= (retención de N/consumo de N) *100

Tabla 3. Consumo diario de EM (Mcal/día) por sustituto lácteo y concentrado inicial para dos niveles de consumo de grasa en el sustituto lácteo (Kuehn *et al.*, 1994).

Variable	% grasa en sustituto lácteo	
	15,6	21,6
Día 14-42, Mcal EM/día		
Sustituto lácteo	1,56	1,71
Concentrado	1,86	1,50
Total	3,43	3,21
GDP, kg/día	0,50 ^a	0,43 ^b
Día 43-56, Mcal EM/día		
Concentrado	5,26	4,94
GDP, kg/día	0,95	0,93

Letras diferentes en misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Figura 1. Respuesta cuadrática de producción de leche en vaquillas con diferentes GDP posterior a la pubertad. Ajustado para los efectos aleatorios del experimento (Zanton and Heinrichs, 2005).

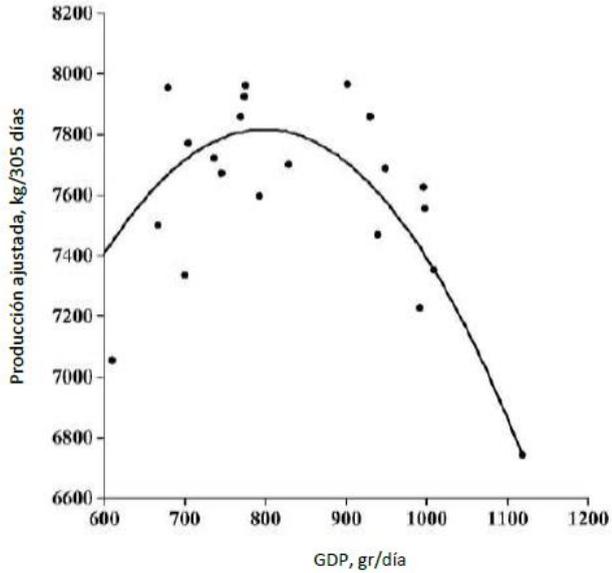


Figura 2. Implicancias de la nutrición de precisión en el metabolismo de los animales.



