

# LA GESTIÓN DE PROCESOS COMO HERRAMIENTA PARA EL ABORDAJE DE LA INEFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN LECHERA

**David Mora-Valverde;**  
**Alejandro Chacón-Villalobos**  
Estación Experimental Alfredo Volio Mata.  
Universidad de Costa Rica. Costa Rica.  
david.mora@ucr.ac.cr  
alejandro.chacon@ucr.ac.cr

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es efectuar un análisis de las fuentes de desperdicio de recursos en el manejo integral del hato lechero bajo el lente crítico de la optimización, con un enfoque donde se distinguen los factores de ruido que afectan los procesos y causan que una característica funcional se desvíe de un valor objetivo causando variabilidad y pérdida de calidad. De la misma manera, se evalúa el impacto de la implementa-

ción de la gestión de procesos como herramienta para el abordaje de la ineficiencia en la producción lechera. Se discute el papel de la lechería de precisión como metodología orientada a maximizar el detalle con que se abordan y administran los procesos relacionados con esta agroindustria. En ella convergen y se integran ejes relacionados con la producción agrícola, la vaca, su alimentación, salud y el ambiente. A través del análisis sistemático metodológico y/o el uso de tecnologías de punta, la atención de la alimentación de la vaca con instrumentos o metodologías de precisión representa un punto crítico en una de las principales fuentes de sub o sobre utilización de recursos para la producción, cuyos alcances y consecuencias es necesario conocer y explorar. Finalmente se exponen los retos y necesidades futuras para el sector en términos de implementación de la gestión de procesos.

**Palabras clave:** Lechería de precisión, nutrición de precisión, nutrición lechera, gestión de calidad, eficiencia.

**LA INEFICIENCIA EN EL MARCO DEL MANEJO DEL HATO LECHERO**

Una manera de comprender mejor los procesos lecheros es la perspectiva de que las empresas pueden describirse como cinco estructuras o sistemas operativos de manufactura (Tilutky y Fox, 2002) que se transfieren productos entre sí: 1. Producción agrícola, 2. Hato de producción, 3. Hato de reemplazo, 4. Sistema de alimentación y 5. Manejo de subproductos orgánicos. Cada una de estas estructuras posee una cantidad importante de interacciones e indicadores que, para maximizar su eficiencia, deberían ser sujeto de monitoreo metodológico, específico y continuo, de tal manera que la planificación y la toma de decisiones sean validadas a tiempo y con argumentos técnicos contundentes.

En el paradigma usual de la mayoría de los modelos productivos, para manejar con efectividad la nutrición del ganado de leche es estrictamente necesario conocer en detalle la composición y valor nutricional del alimento y el potencial de aprovechamiento de éste por parte de la vaca. Generar esta información involucra un proceso integral de cinco etapas ineludibles:

- **Conocer el perfil nutricional del recurso alimenticio.** Para ello se aplican diversidad de análisis físicos, químicos y biológicos con el fin de establecer que el alimento cumple con las necesidades de la explotación lechera y del animal. Las particularidades geográficas y

de manejo de cada explotación hace que el forraje y los alimentos balanceados sean difíciles de caracterizar basándose simplemente por su especie o proveniencia. Las condiciones del suelo, el régimen de fertilización, los mecanismos de cosecha, la altitud, el régimen de lluvias y el plan de riego son variables que impactan el desempeño nutricional de un forraje. Por ello no es muy preciso tomar una decisión agronómica basándose en información genérica tomada de unidades productivas diferentes a la propia. De ahí la importancia del análisis de forrajes y concentrados como instrumento para el diseño de dietas, de modo que se pueda establecer, por parte del nutricionista animal, la combinación más adecuada para llenar los requerimientos del hato.



*Son necesarios análisis de forrajes y concentrados para el diseño de las dietas*

**Ser líder es pensar primero en los demás.**

Desde hace 60 años promovemos la utilización del NH3 como refrigerante natural por excelencia con **cero** afectación de la capa de ozono y **cero** efecto invernadero. **700 unidades** compresoras Howden para NH3 instaladas y una vasta experiencia en el mercado nos convierten en la empresa líder en sistemas frigoríficos industriales.



**VMC Refrigeración S.A.**  
Soluciones en refrigeración industrial.

T: +54 03492 432277-87 / [ventas@vmc.com.ar](mailto:ventas@vmc.com.ar) / [www.vmc.com.ar](http://www.vmc.com.ar)  
Rafaela / Santa Fe / Argentina

- **Levantamiento de estado actual del grupo de animales.** El profesional se remite a tablas técnicas de requerimientos de proteína, energía y fibra según el estado de peso, condición corporal, nivel de producción actual (kg de leche/día), porcentaje de grasa en leche, lactosa y/o proteína. Estas fichas técnicas se han desarrollado a lo largo de años de investigación del metabolismo digestivo por entes como el Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos (NRC, por sus siglas en inglés). Es complementario también el uso de un conjunto integrado de ecuaciones de regresión lineal generado por la Universidad de Cornell (Arreaza, 2004). Estas herramientas predictivas conllevan una definición implícita de un “animal teórico modelo” que refleje el estado “estándar medio” en que se encuentran los animales integrantes del hato. Generalmente se promedian los estados productivos y se procede al ejercicio de encajar las fuentes alimenticias disponibles con este requerimiento.

- **Formulación de dieta a partir del requerimiento teórico.** Solventado el conocimiento bromatológico de las materias primas y establecido el perfil teórico del animal de referencia, se procede a formular las raciones. Se utilizan entonces técnicas matemáticas como el cuadrado de Pearson o la programación lineal (Rosero *et al.*, 2011), que permiten plantear la adecuada mezcla del recurso alimenticio para generar un pienso que tiene los nutrientes deseados (Zalapa, 2010). Estimaciones de esta naturaleza están limitadas en cuanto a que no consideran el costo de las materias primas. Independientemente de la técnica utilizada, los casos reales del aprovechamiento del alimento por parte del animal muestran una gran diversidad de variantes nutricionales, químicas y fisiológicas, que hacen que esta labor no pueda cederse ciegamente a un mecanismo automatizado de diseño que no considera por definición estas variables particulares. Lo anterior se ejemplifica con los niveles máximos de inclusión que pueda tolerar una dieta total o un alimento balanceado en relación con su contenido de melazas (azúcares de alta disponibilidad), minerales (sus presentaciones químicas), vitaminas y sales, entre otros.

- **Manufactura de los piensos.** Es aquí donde se combinan los ingredientes que satisfacen el requerimiento estimado por animal. Se utiliza una gran diversidad de mecanismos de manufactura, como el mezclado manual o mecanizado, cuyo procedimiento depende de la composición física de las materias, de tal manera que se asegure un orden de mezcla que propicie la agregación de los ingredientes y facilite la producción de un material lo más homogéneo posible, donde entran en

juego tiempos de mezclado, temperaturas y viscosidad de ingredientes, entre otros (Banegas, 2009).

- **Suministro del alimento.** Se ofrece el material al grupo meta, en los volúmenes predefinidos según las necesidades del animal guía teórico.

Ninguna de las etapas previamente descritas está libre de presentar fuentes de ineficiencia en cada uno de los procesos que las integran. Es por ello que la adopción de este modelo de manera muy mecanicista expone al productor a una serie de fuentes de variabilidad que -de no someterse a algún tipo de supervisión- puede generar pérdidas tangibles o incluso desapercibidas, las cuales atentan contra la operatividad y rentabilidad del sistema como un todo. Es en este contexto dónde las metodologías orientadas al control y la gestión de la calidad (como la ganadería de precisión) pueden orientar el análisis de la variabilidad en la alimentación lechera desde la perspectiva de la investigación de operaciones empleando estrategias ingenieriles de toma de decisión.

Parte de la ineficiencia de los sistemas lecheros tradicionales nace de la generalización del hato y de su presunta homogeneidad. La práctica de los cinco procesos expuestos, dónde la gestión de la alimentación se esboza bajo un paradigma dónde las vacas se tratan como si tuviesen requerimientos nutricionales homogéneos, inevitablemente lleva a un consumo de concentrado que sobrepasa o subestima el requerimiento diario del animal. La realidad es que cada vaca lechera posee requerimientos nutricionales dinámicos y multivariantes en su demanda de nutrientes en función de su peso, condición corporal, número de lactancias y el desempeño productivo según su etapa en el ciclo de lactancia. Bajo esta visión, cada animal es único en relación con el resto del hato, por lo que su manejo nutricional debería ser en teoría individualizado y no necesariamente promediado (NAP, 2001; Tylutkiy Fox., 2002; Tedeschi y Fox, 2001).



*Cada vaca lechera posee requerimientos nutricionales dinámicos y propios*

*La supervivencia de la vaca depende más de la gestión del rebaño que de la selección genética*



Es común que los lecheros tiendan a considerar al animal como una unidad independiente solo cuando se presentan problemas evidentes en los individuos, cuando si contaran con las tecnologías y el seguimiento adecuado de la ganadería de precisión se podrían abordar los problemas de manejo nutricional y sanitario justo antes del momento en que se presenten los síntomas (Meijer y Peeters, 2010). En el momento en que las desviaciones de las vacas resultan demasiado altas, los productores comienzan a hacer variaciones en su gestión, lo cual en muchas ocasiones puede ser demasiado tarde para un óptimo desempeño de finca, y en todo caso se basa más en una actitud reactiva y no preventiva (Tylutki *et al.*, 2007). Las investigaciones indican que la disminución en la supervivencia de la vaca se debe más a cambios en la gestión del rebaño que a la selección genética (Dolechecky Bewley, 2013). Un estudio realizado por Bareille *et al.* (2004), demostró que el efecto de las enfermedades sobre la producción de leche puede comenzar cinco días antes del diagnóstico clínico de una enfermedad y prolongarse por más de 140 días post diagnóstico.

Varias décadas de investigación sobre la dinámica nutricional del bovino lechero han llevado a la generación de avanzadas técnicas y herramientas para el diseño de dietas, las que están sustentadas en la conceptualización teórica del requerimiento de la vaca según un modelo dinámico de su estado productivo (NAP, 2001; Tylutki *et al.*, 2007; Tedeschi y Fox, 2001). El uso meramente teórico de dichas herramientas -sin contar con un marco de gestión de la información, de los procesos y de la calidad en general- ha conducido a muchas explotaciones a la aplicación de un paradigma mecanicista en el manejo nutricional, caracterizado por dietas promedio generalizadas a todo el hato en producción. En su afán de estandarizar, estas prácticas pueden pasar por alto la alta variabilidad de los requerimientos individuales en función de la etapa del ciclo productivo.



## Dataloggers Wi-Fi testo Saveris 2

En cualquier área de conservación, depósito o transporte de alimentos, el control de la temperatura cobra una importancia vital.

- Acceso permanente a todos los datos desde cualquier dispositivo con acceso a internet (PC - Tablet - Smartphone).
- Alarmas por e-mail en valores límite.
- Temperatura - humedad y temperatura - sensores internos y/o externos.

[www.testo.com.ar/saveris2](http://www.testo.com.ar/saveris2)

Yerbal 5266 - 4° piso (C1407EBN) - Buenos Aires - Argentina  
Tel.: (011) 4683-5050 - Fax: (011) 4683-2020  
info@testo.com.ar - www.testo.com.ar

El concepto de una “homogeneidad” implícita puede extrapolarse también a los materiales usados en la alimentación, para los cuales se asumen valores nutricionales teóricos en demérito de un monitoreo y análisis frecuente de parámetros altamente variables en el tiempo (Weiss y St-Pierre, 2009; Hoffman *et al.*, 2013). Lo antes expuesto evidencia que, aunque los modelos predictivos tengan un muy buen ajuste, las necesidades nutricionales particulares de cada animal no son abordadas de manera dinámica e individualizada, al generalizarse las mismas para el hato como un todo. Al generalizar el nivel de producción, la condición corporal y hasta el peso, el único factor de regulación individualizado es el consumo particular que cada animal hace de la ración. Aunque el efecto disminuye cuando el hato general es segmentado en grupos de producción, este sigue siendo un impacto importante.

Tanto en la investigación como en la práctica, el abordaje técnico de la alimentación lechera se ha circunscrito principalmente a las ciencias biológico-productivas, permitiendo importantes avances en la mejora de la fisiología de la alimentación (Van Soest, 1982; Onodera *et al.*, 1997; Fox *et al.*, 2001; Stern *et al.*, 2006), y su interacción con la bromatología de los alimentos. Esto ha conducido hacia un abordaje preciso en el diseño y manufactura de dietas para vacas lecheras según su estado metabólico-nutricional. No obstante, permanece en multitud de ocasiones un vacío práctico en la orientación de este conocimiento hacia las prácticas de alimentación individualizada de la vaca, lo que repercute en la prevalencia de limitaciones que merman la eficiencia en la producción lechera, a lo que suma una marcada dependencia de materias primas importadas (FAO-FEPALE, 2012; González, 2013; Haile y Kalkhul, 2013; Hernández, 2013; SHCP, 2013; FAO, 2013).

En un contexto económico donde la importación de materias primas en algunos países puede representar hasta un 40% de los requerimientos de la producción lechera (Ives y Warrener, 2013; Fillery y Taylor, 2010), el manejo preciso del recurso nutricional es un asunto no solo de eficiencia, sino también un tema socioeconómico y hasta ambiental si se considera la sobrecarga de fósforo y nitrógeno en los cuerpos de agua que generan los desperdicios (eutrofización) (Beegle *et al.*, 2000; Elizondo, 2005).

En muchos países del Caribe un porcentaje importante de la producción lechera proviene de explotaciones de carácter mediano y pequeño. En Costa Rica, por ejemplo, un 80% es generado por productores que poseen en promedio 40,9 animales en su tambor (González, 2013). Para estos ganaderos, la gestión de



Los sistemas innovadores de alta investigación y control de procesos no se han universalizado

los costos es importante, por lo que un manejo más preciso del recurso alimenticio es un criterio más que suma a la sostenibilidad de los emprendimientos. En muchos países el costo de los granos utilizados para la producción de leche (soya y maíz) se ha incrementado significativamente (Bach, 2013; Hernández, 2013; SHCP, 2013), lo que va de la mano con las variaciones en los precios en concordancia con las fluctuaciones en los mercados energéticos y financieros (Haile y Kalkhul, 2013). Autores como Pecsok *et al.* (1992) sugieren que el retorno sobre el costo de las materias primas es más efectivo cuando se controla el desperdicio del insumo alimenticio, rubro que representa entre el 50 a 60% de los costos de producción (González, 2013), que cuando se aumenta la producción de leche por animal.

La tecnificación y automatización del hato no necesariamente son una solución mágica en los temas de eficiencia y control, por lo cual su implantación por sí misma no brinda grandes resultados a no ser que esto se sistematice de manera procedimental y registral. También está el asunto del alto costo implícito de este tipo de maquinarias, lo que las suele supeditar a empresas con altos volúmenes de producción e incluso sujetas a regímenes de subsidios en los países desarrollados (Bach, 2013; Robledo, 2010). A los elevados rubros de capital inicial, se suma el mantenimiento y la depreciación de la inversión tecnológica (Steenefeld *et al.*, 2013).

Hoy por hoy, parte de la industria primaria de leche -principalmente la que integra a productores medianos y pequeños- no cuenta con procedimientos formales y validados que permitan una alimentación con mecanismos de suministro individualizado dentro de las fincas lecheras. Estos mecanismos deben estar apoyados en un marco de baja inversión en recursos tecnológicos que permitan un balance entre la capacidad biológica y económica de la empresa y busquen la reducción del desperdicio de materias primas.

Un aspecto tan importante como la evaluación de la condición corporal de los animales aún está poco incorporado en la práctica al manejo rutinario, aun cuando la literatura señala su importancia (Bewley *et al.*, 2010), existiendo investigaciones de avanzada para su automatización (Halachmi *et al.*, 2008). Se subestima quizás, por parte de algunos productores, la importancia de este parámetro como un generador de datos valederos para la toma de decisiones, sumado quizás al tedio que para algunos implica su frecuente monitoreo. Esto último también se convierte en una limitante para una adecuada gestión y planificación de la alimentación en los procesos lecheros.

Otro aspecto es la subutilización de tecnologías de información para la gestión del conocimiento, lo que limita el aprovechamiento de los datos e indicadores que se recolectan día a día en la explotación. Existe información abundante y disponible para los gerentes de fincas, pero generalmente la misma no se encuentra estructurada de manera que pueda ser accesible cuando es pertinente (Piñeiro *et al.*, 1998; Banhazi y Black, 2009). Esto repercute en carencias para identificar y adoptar metodologías, adoptando con frecuencia los productores prácticas o procedimientos de áreas en las cuales poseen mayor experiencia en demerito de otras herramientas igualmente valiosas que pueden conducir a mejoras en la rentabilidad.

Se destaca además como una tarea pendiente el mejoramiento en las técnicas para la cuantificación, disminución y búsqueda de un aprovechamiento de los desperdicios habituales del recurso alimenticio, generados en parte por una planificación y ejecución de prácticas imprecisas de alimentación grupal, o por el uso de reglas genéricas como la 3:1 (litros de leche producido/kg concentrado ofrecido) (Meijer y Peeters, 2010). Identificar este tipo de desperdicios y la búsqueda de soluciones no solamente tiene efectos económicos sino también consecuencias de carácter ambiental, ya que deriva en el depósito final de esos ingredientes al ambiente. En las cosechas para alimentación lechera existen enormes pérdidas en el almacenamiento del ensilaje, cercanas al 35% del total de la materia seca cosechada (Kumbhakar *et al.*, 1991). De igual manera, se encuentran importantes discrepancias en la proporción de la planta completa de maíz en relación a la totalidad de forraje cosechado (73,6 a 26,4%) así como en relación a los volúmenes consumidos por los animales, de 64 hasta 35,2% (Tylutki *et al.*, 2004). En muchos casos se concluye que el esquema de producción de cosechas frecuentemente no coincide con las necesidades específicas del suelo, resultando en rendimientos

menores, excesiva importación de nutrientes (fertilizantes) hacia la finca y altos costos de producción de forrajes (Bannon y Klausner, 1997).

Los sistemas innovadores de alta investigación y control de procesos no se han universalizado en todos los estratos de la producción lechera con la misma intensidad con que evolucionan, por lo que los impactos de los mismos han resultado en aportes limitados (Banhazi y Black, 2009).

En este sector, como antes se expuso, las decisiones operativas se han basado en muchos casos en criterios estrictamente agronómicos y/o zootécnicos, así como en el juicio y la experiencia del productor o técnico lechero, sin que necesariamente medien estrategias de análisis metodológico de la información donde el método de "prueba y error" es muy común (Frost *et al.*, 1997; Tylutki *et al.*, 2007). Si bien es cierto que en explotaciones pequeñas este modo de trabajar puede generar un impacto más discreto, a medida que aumenta la cantidad de animales y el volumen de cultivo se dificulta el control individualizado y metodológico de las diferentes variables. Esto implica mayor variabilidad en el desempeño de los diferentes procesos, especialmente en el de alimentación que representa el mayor rubro de egresos (entre el 50% y 70%) (González, 2013).

Calcio  
Calcio  
Calcio

**CARBOFARMA®**

- Carbonato de Calcio Pesado
- Carbonato de Calcio Liviano
- Carbonato de Calcio con densidades específicas

**Calcio para compresión directa:**

- Carbonato de Calcio CD
- Citrato de Calcio CD

Molinos y Panificados – Alfajores y Galletitas  
Leches y Yogures – Dulces y Postres – Productos Dietéticos  
Fármacos y Cosméticos – Uso veterinario – Alimento balanceado

- Certificación GMP: Good Manufacturing Practice
- Certificación ANMAT: Ingredientes Farmacéuticos Activos

**CAFUNE S.A.:** (54 11) 4918-2677 / 2680  
carbofarma@carbofarma.com.ar

**www.carbofarma.com.ar**

En un intento de minimizar estas desviaciones se introdujeron algunas alternativas en los años ochenta y noventa, entre ellos alimentadores automáticos de concentrado, el ofrecimiento de refuerzos nutricionales a vacas confinadas o la alimentación directa en la sala de ordeño (Bach, 2013). No obstante, estas prácticas aún son altamente prohibitivas por su costo tecnológico o carecen de una adecuada integración entre la actualización nutricional del requerimiento versus la dinámica operativa de ofrecimiento del alimento en forma individualizada a la vaca específicamente para sus condiciones productivas.

Adoptar un lente meramente academicista sobre el estudio de la ineficiencia podría llevar a conclusiones como que la problemática deriva de la adopción ineficiente por parte de la comunidad agropecuaria del conocimiento actualmente desarrollado (Banhazi y Black, 2009). En realidad, la coyuntura es más compleja. Problemáticas como las antes descritas se vaticinaban ya desde hace más de dos décadas (Kumbhakar *et al.*, 1991), señalándose desde ese entonces que el nivel de educación técnica de los productores es uno de los factores determinantes para contrarrestarlas, independientemente de la escala de la granja. No necesariamente un productor grande es más eficiente técnicamente, por lo que no hay que simplemente considerar la economía de escala. Un estudio de León (2014), efectuado a 350 lecherías en Costa Rica, señaló que muchos de los rendimientos unitarios (por kg de leche producido) de las granjas de gran tamaño eran en realidad inferiores a los de las granjas pequeñas y medianas. Dentro de esta complejidad, las operaciones lecheras están sufriendo de márgenes de beneficio estrechos (Meijer y Peteers, 2010).

Todo lo antes expuesto nos ha llevado a impulsar la adopción de metodologías de gestión de procesos como herramienta para el abordaje de la ineficiencia en la producción lechera.



*No necesariamente un productor grande es más eficiente técnicamente*

## ABORDAJE METODOLÓGICO EN DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD Y DE LOS PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN LECHERA

### Generalidades

Ante la realidad expuesta, una orientación hacia el mejoramiento de la calidad productiva puede guiar a las granjas hacia un cambio del paradigma productivo. Un sector que debe proponer soluciones ante este tipo de problemas es el gremio del profesional en nutrición animal, el cual suele encontrar limitaciones en la adopción de un mecanismo formal y validado de gestión técnica que compruebe, facilite y justifique económica y nutricionalmente la intensificación de las frecuencias de actualización de dietas, apoyado por procedimientos que potencien los beneficios de la alimentación individualizada de la vaca lechera y que ofrezcan un balance con la capacidad biológica y económica de la empresa. Esta problemática limita el alcance, la credibilidad y utilización de los servicios profesionales de parte de un amplio sector de productores, donde éstos pueden no ver mayor justificación en utilizarlos dado el poco impacto percibido. Es acá dónde el uso de herramientas de la ingeniería de calidad jugaría un papel en el ordenamiento de las actividades lecheras, proceso orientado a enfrentar las fuentes de ineficiencia y de desperdicio más importantes con el fin de satisfacer las metas de un mayor rédito económico de la mano la seguridad y calidad alimentaria (Noordhuizen y Metz, 2003).

La aplicación de procedimientos operativos estándar considerando metodologías de control del riesgo y toma de decisiones tiene un impacto en la productividad, calidad y rentabilidad de la empresa agropecuaria (Banhazi y Black, 2009). Irónicamente, el estudio acucioso de la investigación de las operaciones ha tenido escaso impacto en el sector lechero mundial, a pesar de que la empresa moderna de lechería es una colección de sistemas altamente complejos (Tilutky y Fox, 2002). El sector lechero mundial contempla la mejora en los procesos de distintas maneras, lo que no siempre involucra a las metodologías propias de la ingeniería de calidad. No siempre media un lenguaje relativamente común como sí sucede en otras industrias más estandarizadas.

La gestión de calidad representa un conjunto de normas por las cuales se administra en forma ordenada la calidad, manteniendo los procesos bajo control, mejorando los estándares y asegurando a los clientes la capacidad para satisfacer sus exigencias de manera consistente y permanente (Juran y De Feo, 2010). Para muchas empresas, esta filosofía implica a adopción de

una nueva cultura que implique un compromiso con el proceso productivo, con la mejora continua permanente y con un sistema participativo de gestión (Chase *et al.*, 2009). Sistemas innovadores de gestión como la “Producción Esbelta” (Lean Manufacturing) y la producción “Seis-Sigma” proveen mecanismos de monitoreo mediante metodologías estructuradas, procedimientos y herramientas de calidad, así como de productividad enfocadas en el mejoramiento continuo (Chase *et al.*, 2009). Este tipo de sistemas se enfocan en la creación de productos de valor agregado bajo una filosofía de mejora continua, reduciendo al mínimo los recursos necesarios y los “desperdicios” asociados. Esta sistematización considera como “desperdicios” a la sobreproducción, los tiempos de espera, el transporte ineficiente, el sobreprocesamiento, los altos inventarios, movimientos y actividades innecesarias, defectos en la producción y subutilización de la mano de obra (Gómez y Barrera, 2011). De esta manera se reduce el tiempo de producción y el costo operativo, en un marco de producción contra demanda, gestión de producción con énfasis en el mercado y procesos con un mínimo de fallos (Moreano y Cáceres, 2010).

A pesar de todos los beneficios que la gestión de calidad implica, la actividad lechera no se caracteriza por una adopción generalizada de estas filosofías, e incluso

El uso de la ingeniería de calidad juega un papel en el ordenamiento de las actividades lecheras



de solo de algunas de sus herramientas. Esto dificulta el desarrollo de estrategias para un abordaje integral de los procesos con el fin de explorar en la granja la ineficiencia en la producción lechera. Tylutki *et al.* (2004) consideran que la ingeniería de calidad puede ofrecer a los productores de leche una estructura para dirigir la toma de decisiones con el fin de alcanzar los objetivos de eficiencia, optimizando los beneficios de forma sostenible al maximizar los recursos existentes para la producción.

Autores como Reaseheath (2010), basados en experiencia de campo con productores, evidencian que la implementación de planes de gestión basados en la ingeniería de calidad no es un trabajo cortoplacista,

Apertura y flexibilidad para una respuesta funcional





Representante de  
**YASKAWA**  
MOTOMAN ROBOTICS

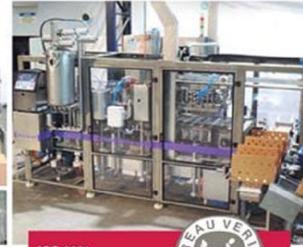


**Máquinas Especiales de ENVASADO y EMPAQUE**











12  
AÑOS  
2005 - 2017

📍 Ruta Prov. N°6 Km. 27,7 | (3017) San Carlos Sud - Santa Fe | ☎ +54 - 9 - 3404 - 523895  
☎ +54 - 3404 - 420785 / 423185 | ✉ desinmec@desinmec.com | 🌐 www.desinmec.com



ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification

especialmente si no existe un fuerte compromiso de las altas gerencias, requiriéndose generalmente periodos previos de más o menos un año para reunir suficientes datos en una granja típica que permita identificar las mejoras en la eficiencia. El uso de herramientas de ingeniería de calidad en las granjas debe verse de manera holística e incorporar tanto a los sistemas basados en tecnología como los basados en operadores (Banhazi y Black, 2009).

La visión de la ingeniería de calidad trasciende la dimensión de solo considerar que el producto final sea percibido como aceptable por el consumidor (Noordhuizen y Metz, 2003). De hecho, hace un abordaje más integral de toda la cadena de proceso no solo en términos de optimización de procesos sino también de aspectos como la inocuidad, la salud pública, la sanidad animal y el bienestar animal. Bajo esta óptica expandida de los factores de producción de las unidades lecheras, puede hablarse de un esquema de control de calidad y mejora continua basado en el Gerenciamiento Total de la Calidad si dejar de lado el sistema de Análisis de Riesgos y puntos Críticos de Control (HACCP) (Banhazi y Black, 2009).

El HACCP es una metodología sistematizada, multidisciplinaria y científica que puede aplicarse a lo largo de toda la cadena agroalimentaria, cuyo fin es el aseguramiento de la inocuidad de los productos alimenticios. El mismo identifica y describe los riesgos físicos, químicos y microbiológicos que pueden atentar contra la inocuidad en todas las etapas de producción, postulando las medidas necesarias para su control por medio de procedimientos escritos claros y estructurados. Por naturaleza es una herramienta preventiva que a lo largo de la vigilancia del proceso como un todo garantiza un producto final inocuo y que plantea medidas correctivas en aquellos casos en que se presentan no conformidades. El establecimiento de procedimientos normalizados de trabajo para las tareas individuales asegura que los procedimientos se lleven a cabo correctamente y que tengan todas las variables medidas dentro de los límites máximo y mínimo. Cuando las variables medidas caen fuera de estos límites, los procedimientos están en su lugar para llevar a cabo la acción correctiva predeterminada (Donovan *et al.*, 2011). La implementación del HACCP es compatible con la aplicación de sistemas de gestión de calidad, como la serie ISO 9000, y es el método de preferencia



**La Lechería de Precisión es una estrategia para mitigar la heterogeneidad de los factores fisiológicos, reproductivos, nutricionales y productivos.**

para controlar la inocuidad de los alimentos en el marco de tales sistemas (FAO, 2002). Estos sistemas han sido exitosamente aplicados al procesamiento de alimentos e industrias agrícolas, así como al manejo de cultivos, donde los procesos son enlazados para asegurar que todos los productos de una planta industrial completen las especificaciones con una mínima tolerancia al error (Donovan *et al.*, 2011).

### Lechería de precisión

Ante los nuevos desafíos, la Lechería de Precisión representa una estrategia procedimental para mitigar la heterogeneidad en el manejo de los factores fisiológicos, reproductivos, nutricionales y productivos (Eastwood, 2013; Banhazi y Black, 2009; Bewley, 2010; Meijer y Peeters, 2010; Endres, 2013). La misma tiene como premisa fomentar la articulación entre el conocimiento técnico-científico de la nutrición individual de rumiantes y la investigación de las operaciones en alimentación bajo rutas accesibles de menor inversión. Un ejemplo al respecto lo refleja André *et al.* (2007), donde el avance para la racionalización en el uso de materias primas está restringido a la utilización de robots de ordeño.

En términos sustantivos, la lechería de precisión es definida como un sistema de gerenciamiento y gestión en el manejo nutricional animal, basado en el uso de sistemas de la producción agrícola, información y tecnología para identificar, analizar y administrar la variabilidad dentro de la gestión agrícola. Todo esto con el fin de obtener un rendimiento óptimo en la explotación en términos de rentabilidad y sostenibilidad (Tylutki *et al.*, 2004; Meijery Peeters, 2010). Para ello emplea tecnologías y sistemas de calidad para medir la fisiología, indicadores de comportamiento y producción de los animales de manera individualizada con el objeto de mejorar la gestión y el desempeño de la granja (Bewley, 2010). Implica un abordaje analítico y metodológico de los indicadores de las diferentes operaciones lecheras individualizando el monitoreo para cada animal



y considerando el manejo integral de nutrientes para el mismo (Tylutki *et al.*, 2007). La lechería de precisión aborda el aumento de la eficiencia en la alimentación como eje temático, apostando por la investigación, desarrollo y promoción en el uso de tecnologías de punta, como la robótica. En muchos casos, lo anterior conlleva enormes avances en factores de la producción lechera, como el ordeño, la reproducción, la salud y bienestar animal y la alimentación (Endres, 2013).

La integración del conocimiento científico mediante herramientas tecnológicas permite el uso de una ciencia en el desarrollo de la alimentación de precisión y producción agrícola, que optimicen la productividad del suelo y de los animales con la mínima cantidad de nutrientes necesaria. El uso de herramientas de investigación operativa y de calidad para implementar estos planes sustentados por sistemas formales de gestión permite la reducción de los márgenes de error o seguridad y se resume en el aporte humano necesario para optimizar la productividad y sostenibilidad ambiental.

Como es de esperar, este tipo de tecnologías implican en apariencia una barrera económica muy alta de adopción inicial. Este precio a pagar podría parecer injustificado si lo que se soluciona es solamente el problema de la imprecisión y no el de la eficiencia económica (Steenefeld *et al.*, 2013). La adopción podría ser más dificultosa para regiones que carecen de subsidios a la producción. Por ello, la implementación de la ganadería de precisión como estrategia implica un abordaje integral de la estimación de costos operativos versus rentabilidades esperadas.

Son muchos los abordajes que pueden explorarse en el marco de un sistema de ganadería de precisión. Entre ellos pueden explorarse los siguientes: el manejo integrado de nutrientes y el monitoreo intensificado e individualizado de los animales del hato.

### Nutrición de precisión vía Manejo Integrado de Nutrientes (MIN)

El abordaje de la ganadería de precisión ofrece un marco de conocimiento técnico para el diseño de la práctica de alimentación sobre diferentes aspectos del proceso, tales como las frecuencias de monitoreo técnico según la escala de la empresa, la verificación del estatus cambiante de los animales, su producción y requerimiento nutricional, el reajuste de dietas y los mecanismos de aplicación práctica que subsecuentemente aporten al desarrollo de competencias para el suministro individualizado de la alimentación.

El manejo integrado de nutrientes busca proporcionar una estructura de control dentro de las fincas que se constituya en una herramienta de análisis de la calidad para el manejo del recurso alimenticio y de cómo gestionar el manejo de los subproductos orgánicos derivados de su generación en la granja. Esta estructura integra la producción agrícola, la producción animal y el ciclo de los nutrientes, asegurando la sostenibilidad económica y ambiental (Kuipers *et al.*, 1999, Fox *et al.*, 2001; Cornell, 2004). Su discusión y adopción ha ido creciendo desde la implementación de las regulaciones para “Operaciones que utilizan alimentos balanceados” en los Estados Unidos en el año 2003, y dados los marcos regulatorios en el tema ambiental cada vez más estrictos a nivel mundial. Se tiene como referentes para la metodología de trabajo al Sistema de la Universidad Cornell de Planeamiento y Manejo de Nutrientes (CUNMPS, por sus siglas en inglés) (Tylutki *et al.*, 2004).

La producción de forrajes en el marco del manejo integrado de nutrientes genera un rédito en términos de una mejora en la calidad de los forrajes y reducciones de un 50% de nutrientes importados a las fincas (Tylutki *et al.*, 2004). Esto lleva a reducciones en el ingreso de fósforo, al remover fuentes inorgánicas de

éste en los piensos, a lo que se suma una baja en la acumulación del mismo por hectárea de un 28%. Igualmente, se reflejan mejoras en la eficiencia en el uso de nutrientes en rangos que permiten la reducción de la excreción de nitrógeno, lo cual impacta en los costos de producción de la alimentación. Este tipo de manejo integrado puede mejorar los márgenes de rentabilidad de las unidades lecheras y reducir los excesos de nutrientes por hectárea, disminuyendo el riesgo por su liberación al ambiente.

### Intensificación del monitoreo de los animales

La aplicación de cualquier estrategia de nutrición de precisión sin monitorear los animales no daría ningún resultado, dado que existe una alta relación entre las técnicas de monitoreo y la eventual toma de decisiones para reducir la variabilidad productiva. Las tecnologías para el monitoreo integral de las vacas lecheras complementan las observaciones del personal administrativo de las lecherías, lo cual es especialmente crítico para el manejo a medida que aumenta la cantidad de animales en el hato (Meijer y Peeters, 2010). Esta filosofía de producción contrasta con la visión donde los animales son considerados como representables por "un promedio de una población" y que son parte de "un sistema en estado estacionario".

La nutrición de precisión busca una adecuada predicción de los requerimientos de los animales, así como de los valores biológicos exactos para cada granja, de tal manera que las dietas puedan ser formuladas con un menor rango de variabilidad. Para ello utiliza prácticas alimenticias que aseguren que la dieta consumida por la vaca es lo más cercana posible a la dieta formulada. Con este propósito, integra el planeamiento en el manejo de nutrientes desde la fertilización, cosecha y excretas, con la información adicional aportada por el profesional a cargo. Desde la visión encontrada en Tylutki *et al.* (2004), estas metas requieren múltiples mejoras con el soporte de un modelo probado de gerenciamiento, como el Método Seis Sigma.

White y Capper (2014) evaluaron los efectos de la intensificación en la frecuencia de revisión de la formulación de dietas en un hato lechero para acoplarse con las necesidades particulares del animal según su ciclo, obteniendo resultados alentadores desde el punto de vista económico y nutricional, con un incremento en el consumo de materia seca, los kilogramos de producción y el balance positivo en energía metabolizable de las dietas. Bewley (2010) y Edwards y Tozer (2004) demostraron que un cambio en la producción de leche se puede observar tan pronto como diez días gracias a

las acciones derivadas de una intensificación en el monitoreo. Un método utilizado en planes de gestión de monitoreo en las granjas lecheras es utilizar a la vaca como su propio control mediante el cálculo de su promedio de diez días de producción y comparar su desempeño en ordeños posteriores a ese promedio. Lo anterior se logra mediante frecuencias de revisión adaptadas y actualizadas a las posibilidades de cada sistema de gestión.

Con una asignación de actividades de planificación y diseño nutricional, apoyada en herramientas modernas de gestión de calidad, se podrían reemplazar las frecuencias producto de políticas empíricas que bajo técnicas actuales de intensificación requerirían mucho tiempo, una desgastante y compleja coordinación entre profesionales, operarios y administración, las cuales no permiten conocer adecuadamente el impacto de su aplicación. De igual manera, se aprovecharía la información que en muchos casos se genera constantemente pero se subutiliza, como lo son los pesajes de animales y de la producción.

### CONSIDERACIONES FINALES

La implementación de metodologías en la gestión de la calidad y de los procesos en la producción lechera, entre ellos la lechería de precisión, demanda retos significativos relacionados a su complejidad (ej: estimación individualizada de parámetros productivos), confiabilidad (uso de sistemas tecnológicos de información) y rentabilidad. A esto se suma la necesidad de un cuerpo de estudios particulares en cada explotación para definir las frecuencias más adecuadas de monitoreo para parámetros básicos, como la condición corporal del animal y su producción lechera, o la calidad del insumo forrajero, tomando en cuenta la multivariabilidad propia de la granja. Muchos productores de hecho no cuentan con herramientas preliminares de planeación que permitan aumentar la precisión nutricional, adecuando las frecuencias de las actividades requeridas según sus capacidades. Uno de los retos principales es entonces idear el mecanismo más conveniente para adecuar la programación de frecuencias en cada una de las actividades que intervienen en el proceso, considerando cada una de sus restricciones, de tal manera que esta intensificación minimice el desperdicio en el número total de períodos asignados en los espacios de tiempo deseados.

Es importante además reconocer que aún queda un gran espacio para el estudio y validación a nivel científico de técnicas avanzadas en investigación de operaciones para la solución de problemas asociados al desperdicio en el suministro y alimentación de la

vaca lechera, como es el caso de los algoritmos de optimización combinatoria para resolver problemas operativos de alta complejidad. Igualmente, no son abundantes los estudios donde se dimensionan las magnitudes de estos desperdicios a la luz de un enfoque de precisión. Por tanto, son necesarias propuestas de investigación que generen un mayor cuerpo documental sobre la asociación existente entre la aplicación de las técnicas más adecuadas en investigación de operaciones y el diseño y el planeamiento en el proceso de gestión de la alimentación en ganado lechero bovino como herramienta de mejora de la calidad ante la variabilidad en el suministro de materias primas en el entorno lechero. Qué características particulares tienen los procesos de diseño y suministro de dietas lecheras sobre el nivel de imprecisión alimentaria y tipificar los factores, elementos y/o variables que afectan el uso eficiente de materias primas en este sector, es otro de los abordajes que deben emprender los estudios futuros.

Teniendo en cuenta que la gestión de calidad representa la búsqueda de satisfacer necesidades implícitas o explícitas (Reeves y Bednar, 1992; Juran y Blanton, 1999), este trabajo espera haber caracterizado una perspectiva de análisis operativo que no pone en duda los criterios de manejo tradicionales, sino que busca el cumplimiento de los mismos por medio de metodologías operativas con una visión rentable y eficiente, típica de la ganadería de precisión. Con esto no se espera que los criterios tradicionales se enfrenten en la práctica con lo acá expuesto sino que, por el contrario, se propicien puntos de encuentro que fomenten la sinergia de los diferentes abordajes prácticos.

## REFERENCIAS

- André, G.; Ouweltjes, W.; Zom, R.; Bleumer, E. 2007. Increasing economic profit of dairy production utilizing individual real time process data. 3rd European Conference Precision Livestock Farming.
- Arreaza, L. 2004. Utilización del sistema CNCPS como herramienta de soporte para la investigación en forrajes tropicales. Primera Reunión de la red temática de recursos forrajeros. Colombia. Disponible en: <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse2/minisite/pdf/El%20CNCPS%20como%20Herramienta%20para%20el%20Manejo%20Nutricional/UTILIZACION%20DEL%20SISTEMA%20CNCPS.pdf>. Revisado en: Febrero 2013.
- Bach, A. 2013 Use of Precision Technologies to optimize feed efficiency for milk Production. Proceedings of the Precision Dairy Conference, June 26-27. University of Minnesota. Department of Animal Science.
- Banegas, D. 2009. Efecto del tiempo y procedimiento de mezclado del alimento balanceado en la producción de pollos de engorde. Universidad El Zamorano. Honduras. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura.
- Banhazi, T., y Black, J. 2009. Precision livestock farming: A suite of electronic systems to ensure the application of best practice management on livestock farms. Australian Journal of Multi-disciplinary Engineering. 7(1)
- Bannon, C. D., and S. D. Klausner. 1997. Application of the Cornell Nutrient Management Planning System: Predicting crop requirements and optimum manure management. In Proc. 1997 Cornell Nutr. Conf. Feed Manufacturers, p 36. Dep. Anim. Sci., Cornell Univ., Ithaca NY.
- Bareille, N.; Beaudou, F.; Billon, S.; Robert, A.; Faverdin, P. 2004. Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows. Livestock Prod. Sc., Volume 83 , Issue 1, 53-62
- Beegle, D. B., Carton O., y Bailey J. 2000. Nutrient Management Planning: Justification, Theory, Practice. Journal of Environmental Quality. 29:72-79.
- Bewley, J.; Boyce, R.; Roberts, D.; Coffey, M.; Schutz, M. 2010. Comparison of two methods of assessing dairy cow body condition score Comparison of two methods of assessing dairy cow body condition score. Journal of Dairy Research (2010) 77 95-98.
- Bewley, J.M. 2010. Precisión dairy farming: Advanced Analysis solutions for future profitability University of Kentucky, Department of Animal and Food Sciences. USA.. Disponible en: <http://www.precision-dairy2010.com/proceedings/s1bewley.pdf> Revisado en: Febrero 2013
- Chase, R.; Jacobs, R.; Aquilano, N. 2009. Administración de operaciones, producción y cadena de suministros. Duodécima Edición. McGraw-Hill. México. Pág. 306.
- Cornell University. 2004. Whole farm nutrient management to improve profitability and reduce environmental impacts. Final Report to the National Center for Manure and Animal Waste Management. Cornell University. Crop and soil sciences research series r04-1 University of Wisconsin extension publication A3794. Disponible en: [http://www.manuremanagement.cornell.edu/Pages/General\\_Docs/Reports/Whole\\_Farm\\_NM\\_on\\_Dairy\\_Farms\\_to\\_Improve\\_Profitability\\_and\\_Reduce\\_Env\\_Impacts.pdf](http://www.manuremanagement.cornell.edu/Pages/General_Docs/Reports/Whole_Farm_NM_on_Dairy_Farms_to_Improve_Profitability_and_Reduce_Env_Impacts.pdf)
- Dolecheck, K., y Bewley, J. 2013. Pre-Investment Considerations for Precision Dairy Farming Technologies. University of Kentucky, Department of Animal and Food Sciences. USA. Disponible en: [www.ca.uky.edu/agc/pubs/ASC/ASC208/ASC208.pdf](http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/ASC/ASC208/ASC208.pdf). Revisado en: febrero 2013.
- Donovan, A., Risco, C., Maunsell, F., Lemmermen, J. y Diepersloot, E. 2011. Standard Operating Procedures. University of Florida, College of Veterinary Medicine. Gainesville, USA. Disponible en: [http://extension.vetmed.ufl.edu/files/2012/01/WEB\\_VERSION\\_-2011-Dairy-Unit-Complete-SOPs-vers-11-07-01-with-Title-page.pdf](http://extension.vetmed.ufl.edu/files/2012/01/WEB_VERSION_-2011-Dairy-Unit-Complete-SOPs-vers-11-07-01-with-Title-page.pdf) Extraído en: Agosto 2013.
- Eastwood. 2013. Precision Dairy Industry in Australia. Lessons for end users, technology developers and industry organizations. Proceedings of the Precision Dairy Conference. June 26-27. University of Minnesota, Rochester Minnesota.
- Edwards, L.; Tozer, P. 2004. Using Activity and Milk Yield as Predictors of Fresh Cow Disorders. J. DairySci. 87:524-531
- Elizondo, J. 2005. El fósforo en los sistemas ganaderos de leche. Revista Agronomía Mesoamericana 16(2): 231-238.
- Endres, M. 2013. Proceedings of the Precision Dairy Conference. June 26-27. University of Minnesota Mayo Civic Center, Rochester Minnesota.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2002. Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP) y directrices para su aplicación. World Food and Agriculture. Rome. <http://www.fao.org/docrep/005/y1579s/y1579s03.htm>
- FAO 2013. FAO STATISTICAL YEARBOOK. World Food and Agriculture. Rome. <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>
- FAO-FEPALE 2012. Situación de la Lechería en América Latina y el Caribe en 2011, Observatorio de la Cadena Lechera. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, División de Producción y Sanidad Animal. Disponible en: [www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMIM\\_MARKETS\\_MONITORING/Dairy/Documents/Paper\\_Lecher%3A%20AmLatin\\_a\\_2011.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMIM_MARKETS_MONITORING/Dairy/Documents/Paper_Lecher%3A%20AmLatin_a_2011.pdf). Revisado en: setiembre 2013.
- Fillery, I.; Taylor, S. 2010. The case for exploring smart N management on Australian Dairy Farms. CSIRO, Australia. <http://frds.dairyaustralia.com.au/wp-content/uploads/2012/01/WP1353-Smart-N-use.pdf>. Consultado: 9 Set. 2015.
- Fox, D., Tylutki, T., Czymmek, K., Van Amburgh, M., Rasmussen, C., y Durbal, V. 2001. Nutrient Management on Dairy Farms - Development and Application of the Cornell University Nutrient Management Planning. Advances in Dairy Technology. 13: 283-294

- Frost, A.; Schofield, C.; Beulah, S. Mottram, T.; Lines, J; Wathes, C. 1997. A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Computers and electronics in agriculture*, 17 (1997) 139-159
- Gómez, R., y Barrera, S. 2011. Seis Sigma: Un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica. Corporación Universitaria Lasallista. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/515/1/13.%20223-242.pdf> Revisado en: Febrero 2013.
- González, J. 2013. Congreso Nacional Lechero. Situación actual, desafíos y oportunidades de la Lechería en Costa Rica. 4 y 5 diciembre. Cámara Nacional de Productores de Leche. Costa Rica. [http://www.proleche.com/recursos/documentos/congreso2013/Situacion\\_actual\\_y\\_perspectivas\\_del\\_sector\\_lacteo\\_a\\_nivel\\_nacional\\_Vision\\_de\\_la\\_Camara\\_Lic\\_Jorge\\_Manuel\\_Gonzalez\\_Echeverria\\_Costa\\_Rica.pdf](http://www.proleche.com/recursos/documentos/congreso2013/Situacion_actual_y_perspectivas_del_sector_lacteo_a_nivel_nacional_Vision_de_la_Camara_Lic_Jorge_Manuel_Gonzalez_Echeverria_Costa_Rica.pdf) (Consultado 9 jul.2015)
- Haile, M., y Kalkhul, M. 2013. Volatility in the international food markets: implications for global agricultural supply and for market and price policy. Paper presentation at the 53rd Annual Conference of the German Society of Economic and Social Sciences in Agriculture (GEWISOLA). Center for Development Research (ZEF), Bonn University, Germany.
- Halachmi, I.; Polak, P.; Roberts, D.J.; Klopčič. 2008. Cow Body Shape and automation of condition scoring. *J.Dairy Science*.91:4444-4451.
- Hernández, A. 2013. Incremento en el precio del maíz y su efecto sobre la oferta de carne de res a nivel de granja. Tesis de M.Sc. Posgrado en socio economía, estadística y informática económica. Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Mexico.
- Hoffman, P., Shaver, R., y Dyk, P. 2013. Forage Sampling Frequency as Influenced by Dairy Herd Size. *Focus on Forage* - Vol 12: No. 3
- Ives, S.; Warrenner, R. 2013. Sustainable Dairy Farm Nutrient Management Final Report. Tasmanian Institute of Agriculture. Disponible en: [http://www.dairytas.com.au/files/projects/sustainable\\_dairy\\_farm\\_nutrient\\_management\\_final\\_report\\_dec2013.pdf](http://www.dairytas.com.au/files/projects/sustainable_dairy_farm_nutrient_management_final_report_dec2013.pdf). Consultado: 9 Julio 2015
- Juran, J. Blanton, A. 1999. *Juran's quality handbook*. Editorial McGraw Hill. Quinta edición. Sección 2.1.
- Juran, J. De Feo, J. 2010. *Juran's quality handbook*. Editorial McGraw Hill. Sexta Edición.
- Kuipers, A., Mandersloot, F., y Zom, R. 1999. An approach to nutrient management on dairy farms. *N Journal of Animal Science*. 77: PP J. him. Sci. Vol. 77, Suppl. 215. *DairySci*. Vol. 82, Suppl. 2/1999. Disponible en: [http://www.journalofanimalscience.org/content/77/suppl\\_2/84.citation](http://www.journalofanimalscience.org/content/77/suppl_2/84.citation) Consultado en Junio del 2013
- Kumbhakar, S., Ghosh, S., y McGuckin, T. 1991. A generalized production Frontier Approach for estimating Determinants of Inefficiency in US Dairy Farms. *Journal of Business and Economic Statistics*. 9:279-286.
- León, H. 2014. Desempeño económico de las fincas de la Cooperativa Dos Pinos en el 2013. Programa de transferencia tecnológica. Oficina de Análisis del sector primario. Presentación efectuada en Cartago, Costa Rica. 2014
- Meijer, R., y Peeters, K. 2010. The use of Precision Dairy Farming in Feeding and Nutrition. The first North American Conference on Precision Dairy Management. Canada.
- Moreano, A., y Cáceres, P. 2010. Diseño para la Implementación de la Metodología Seis Sigma en una Línea de Producción de Queso Fresco. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Disponible en: <http://core.ac.uk/download/pdf/12399425.pdf> NationalAcademyPress. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. <http://profsite.um.ac.ir/~kalidari/software/NRC/HELP/NRC%202001.pdf> (Consultado 17 oct.2013).
- Noordhuizen, J.P., y Metz, J.H. 2003. Quality Control on Dairy Farms with Emphasis on public health food safety, animal health and welfare. Conference Rad jepriopéenna "54 Annual Meeting of the EEAAP". Mes 2003Roma.
- Onodera, R.; Itabashi, H.; Ushida, K.; Yano, H.; Sasaki, Y.1997. *Rumen Microbes and digestive physiology in Ruminants*. Japan Scientific Societies Press.
- Pecok, S.; M.L. McGilliard; R.E. James. 1992. Estimating Production Benefits Through Simulation of Group and Individual Feeding of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. Volume 75, Issue 6, June 1992, Pages 1604-1615
- Piñero, D., Chiappe, M., y Graña, F. 1998. La gestión en los establecimientos lecheros: una tipología de los productores según su disposición al uso de los registros físicos y económicos. *RevistaAgrociencia*. 2(1): 125-133.
- Reaseheath. 2010. Lean Management for Dairy Farms. A route to sustainable profits. Disponible en: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:n4YXRjLMM\\_4J:www.dairyuk.org/component/docman/doc\\_download/6495-ka-y-carson+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=cr](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:n4YXRjLMM_4J:www.dairyuk.org/component/docman/doc_download/6495-ka-y-carson+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=cr) Revisado en: Febrero 2013.
- Reeves, C.; Bednar, D. 1992. Defining Quality: Alternatives and Implications. *The Academy of Management Review*, Vol. 19, No. 3, Special Issue: "Total Quality" (Jul., 1994), pp. 419-445
- Robledo, R. 2010. El sistema de producción de leche en Australia y Nueva Zelanda, y su reestructuración productiva. *Revista México y la Cuenca del Pacífico*. 13(37).
- Rosero, R.; Posada, S.; Ortiz, D. 2011. Programación Lineal aplicada a la formulación de raciones para rumiantes. *Revista CES medicina Veterinaria y Zootecnia*, vol 6, num. 2, pp.53-60.
- SHCP. 2013. Reporte I trimestre 2013 Financiera Rural México. <http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/Documentos/Reporte%20trimestral/Reporte-I-trimestre-2013-Financiera-Rural.pdf> (Consultado 31 oct.2013)
- Steenefeld, W., Tauer, L., Hogeveen, H., y Oude, A. 2013. Economic Comparison of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. *Proceedings of the Precision Dairy Conference*. June 26-27. University of Minesota Mayo Civic Center, Rochester Minnesota.
- Stern, M., Bach, A., y Calsamiglia, S. 2006. New concepts in protein nutrition of ruminants. 21st Annual Southwest Nutrition & Management Conference. Tempe, Arizona. February, 2006.
- T.P. Tylutki, D.G. Fox, V.M. Durbal, L.O. Tedeschi, J.B. Russell, M.E. Van Amburgh, T.R. 2007. Cornell Net Carbohydrate and Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. *Animal Feed Science and Technology*. 143 (2008) 174-202.
- Tedeschi, L., y Fox, D. 2001. Application of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System for tropical condition. *Revista Corpoica*. vol (2): 1-10
- Tylutki, T., Fox, D., y McMahon, M. 2004. Implementation of nutrient management planning on a dairy farm. *The Professional Animal Scientist*, 20: 58-65
- Tylutki, T., y Fox, D. 2002. Moving Toward Six Sigma. A quality management program helps one farm manage its feed costs. *Quality Progress*. Feb:2002;35,2; ProQuest Central.
- Van Soest, P. 1982. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University. Second Edition.
- Weiss, W., y St-Pierre, N. 2009. Impact and Management of Variability in Feed and Diet Composition. Tri-State Dairy Nutrition Conference. April 21 and 22, 2009. The Ohio State University.
- White, R.; Capper, J. 2014. Precision diet formulation to improve performance and profitability across various climates: Modeling the implications of increasing the formulation frequency of dairy cattle diets. *Journal of Dairy Science* 97(3).
- Zalapa, A. 2010. Realidades del cuadrado de Pearson simple, compuesto y el agregado. Sitio Argentino de la Producción Animal. [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/30-Cuadrado\\_Pearson.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/30-Cuadrado_Pearson.pdf)