

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE LOS ALTOS

1^a REUNIÓN INTERNACIONAL DE LECHE Y FORRAJE

5, 6 y 7 de diciembre de 2007



MEMORIAS

Cuerpo Académico de Sistemas de Producción Agropecuaria

Centro Universitario de Los Altos Tepatlán de Morelos, Jal. Km. 7.5 carretera a Yahualica



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE LOS ALTOS

1^a REUNIÓN INTERNACIONAL DE LECHE Y FORRAJE

5, 6 y 7 de diciembre de 2007



MEMORIAS

Cuerpo Académico de Sistemas de Producción Agropecuaria

Centro Universitario de Los Altos Tepatitlán de Morelos, Jal. Km. 7.5 carretera a Yahual

Primera edición 2008

I.S.B.N. 978-968-5876-44-5
TonoContinuo

D.R. Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Los Altos
Carretera a Yahualica km. 7.5
Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México
Teléfonos: (01 378) 78 28033 al 37
Directo de Guadalajara: 31 34 22 22 ext. 2285

Se imprimieron 500 ejemplares
En los talleres de Acento

Impreso en México
Printed in Mexico



DIRECTORIO

Lic. María Esther Avelar Álvarez
Rectora

Lic. María del Consuelo Delgado González
Secretaria Académica

Lic. Fernando Falcón López
Secretario Administrativo

Dra. Raquel Edith Partida Rocha
Directora de la División de
Estudios en Formaciones Sociales

Dr. Francisco Trujillo Contreras
Director de la División de
Ciencias Biomédicas e Ingeniería

Dr. Hugo Moreno García
Jefe del Departamento de
Ciencias Biológicas

M. en C. Ricardo García de Alba García
Coordinador de Investigación

EDITORES

Cuerpo Académico 336-Sistemas de Producción Agropecuaria

José de Jesús Olmos Colmenero

José Ángel Martínez Sifuentes

Othón Reynoso Campos

Hugo Ernesto Flores López

Humberto Ramírez Vega

Con la Colaboración de:

Fernando González Castañeda, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Jalisco

Alfonso Peña Ramos Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Aguascalientes

El estado de Jalisco se destaca por su importancia como abastecedor de leche de bovino contribuyendo con aproximadamente el 17% de la producción nacional. En 2006 el volumen total de leche producido en el estado fue de 1,714 millones de litros. En los 20 municipios que conforman la región denominada Los Altos de Jalisco se produce el 58.4% de la producción total de leche del estado lo que representa el 10% de la producción nacional.

La leche en la región de Los Altos de Jalisco proviene de diferentes esquemas de organización productiva (sistemas de producción), entre los cuales destacan por su importancia los empresariales o tecnificados y los familiares o semitecnificados. Cada uno de estos sistemas se basa en el aprovechamiento de diferentes recursos naturales, tecnológicos, económicos, administrativos y de fuerza laboral, que requieren ser optimizados. Los forrajes son la base de la alimentación del ganado lechero y el costo de la alimentación representa aproximadamente el 60% del costo de producción de un litro de leche.

En diferentes partes del país y del extranjero se ha generado información muy valiosa con experiencias exitosas en el manejo de diversos sistemas de producción de forrajes y de leche que ha conducido a algunos productores a lograr una alta eficiencia productiva. Por lo tanto, es muy importante conocer, analizar y discutir dicha información para identificar estrategias que ayuden a incrementar la productividad y eficiencia de los sistemas de producción de forrajes y leche en la región de Los Altos de Jalisco.

Es por este motivo, que consideramos de suma importancia compartir información científica presentadas y discutidas, en esta Primera Reunión Internacional de Leche y Forraje, que permita atender y en la medida de lo posible resolver, aspectos tecnológicos que limitan el niveles de eficiencia productiva y la competitividad de las unidades de producción lechera.

Es en este contexto que la Universidad de Guadalajara y en particular el Centro Universitario de Los Altos, con presencia en la cuenca lechera más importante de México y a través de su personal académico y de investigación pretende a través del trabajo comprometido y en compañía de productores, industriales, profesionales del sector, abastecedores de insumos y autoridades, apoyar el desarrollo de esta actividad estratégica en ésta vigorosa región de Los Altos de Jalisco, poniendo a disposición del sector agroindustrial, académico, gubernamental y el público en general las Memoria de este primer encuentro, Internacional de Leche y Forraje actividad que se realizó del 5 al 7 de diciembre del 2007, en el CUAltos.

A nuestros visitantes extranjeros, un agradecimiento personal por su disposición a compartir su experiencia y conocimientos. A nuestros productores gracias por estar aquí y a nuestros estudiantes deseo que la información que aquí se compartirá los nutra intelectualmente y los motive, a nuestros académicos, los forje e impulse a seguir trabajando en aras de encontrar soluciones a los problemas de este sector de la economía.

LIC. MARÍA ESTHER AVELAR ÁLVAREZ
RECTORA DEL CUALTOS
ABRIL DEL 2008

CONTENIDO

Introducción	7
Situación de la ganadería lechera en la Región de Los Altos de Jalisco en relación al entorno nacional e internacional Reynoso C. O., Romano M. J. L., Flores L. H. E. y Olmos C. J. J.	8
Kempen System, un innovador concepto de nutrición para garantizar la viabilidad de la granja lechera familiar Javier Martín-Tereso y Harmen van Laar	14
Estrategias para hacer el mejor uso de la proteína en raciones para vacas lecheras Glen A. Broderick	19
Uso de semen sexado en ganado lechero en México De La Torre S. F., Hernández V. R., Reynoso C. O., y Padilla R. F. J.	32
Análisis de la eficiencia de la utilización del nitrógeno y fósforo en granjas Lecheras de Los Altos de Jalisco M.A. Wattiaux, J.J. Olmos Colmenero, J. R. Blazek y M. E. Castellanos	34
Situación actual y perspectivas de cultivos forrajeros y pastos en Los Altos de Jalisco Alfonso Peña Ramos, José Ángel Martínez Sifuentes y Fernando González Castañeda	45
Producción de ensilaje de maíz de alta calidad para vacas lecheras Joe Lauer	51
Densidad de siembra del maíz y su efecto en producción y calidad de la cosecha para la producción de leche Gregorio Núñez Hernández, David G. Reta Sánchez, Alfonso Peña Ramos y Fernando González Castañeda.....	55
Ensilaje Robert Berthiaume, Carole Lafrenière y Gaston Raggio	64
Incidencia y prevención de micotoxinas en ensilaje de maíz Gretchen A. Kuldau y Michele A. Mansfield	77

Producción intensiva de leche en pastoreo Ricardo Améndola Massiotti.....	83
Mesa de discusión: situación actual de los sistemas de producción de leche en los altos de Jalisco.....	96
Mesa de discusión: situación actual de los sistemas de producción de forrajes en los altos de Jalisco.....	98

Introducción

El estado de Jalisco se destaca por su importancia como abastecedor de leche de bovino contribuyendo con aproximadamente el 17% de la producción nacional. En 2006 el volumen total de leche producido en el estado fue de 1,714 millones de litros. En los 20 municipios que conforman la región denominada Los Altos de Jalisco se produce el 58.4% de la producción total de leche del estado lo que representa el 10% de la producción nacional.

La leche en la región Altos de Jalisco proviene de diferentes esquemas de organización productiva (sistemas de producción), entre los cuales destacan por su importancia los sistemas empresariales o tecnificados y los familiares o semitecnificados. Cada uno de estos sistemas se basa en el aprovechamiento de diferentes recursos naturales, tecnológicos, económicos, administrativos y de fuerza laboral, que requieren ser optimizados. Los forrajes de corte son la base de la alimentación del ganado lechero y el costo de la alimentación representa aproximadamente el 60% del costo de producción de un litro de leche.

En diferentes partes del país y del extranjero se ha generado información muy valiosa con experiencias exitosas en el manejo de diversos sistemas de producción de forrajes y de leche que a conducido a algunos productores a lograr una alta eficiencia productiva. Por lo tanto, es muy importante conocer, analizar y discutir dicha información para identificar estrategias que ayuden a incrementar la productividad y eficiencia de los sistemas de producción de forrajes y leche en la región de Los Altos de Jalisco.

- Objetivos:** Presentación y discusión de resultados recientes de investigación encaminados a la optimización de los sistemas de producción de forrajes y leche.
- Actividades:** Ponencias y mesas de discusión.
- Fecha del evento:** 5, 6 y 7 de diciembre de 2007.
- Organiza:** Cuerpo Académico Sistemas de Producción Agropecuaria CA-336 del CUAltos: Hugo Ernesto Flores López, José Ángel Martínez Sifuentes, José de Jesús Olmos Colmenero, Humberto Ramírez Vega y Othón Reynoso Campos.
- Sede:** Auditorio Rodolfo Camarena Báez del Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara. Carretera a Yahualica km. 7.5, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. CP 46000.
- Dirigido a:** Estudiantes y académicos del Centro Universitario de los Altos y de otras Universidades, productores de forrajes y leche y asesores y consultores en producción de forrajes y leche.



SITUACIÓN DE LA GANADERIA LECHERA EN LA REGIÓN DE LOS ALTOS DE JALISCO EN RELACIÓN AL ENTORNO NACIONAL E INTERNACIONAL

Reynoso C. O.^{1,2}, Romano M. J. L.¹, Flores L. H. E.^{1,2}, Olmos C. J. J.¹

¹Centro Universitario de Los Altos – U. de G.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - SAGARPA

Introducción

La actividad lechera en la región de Los Altos de Jalisco no puede entenderse sin considerar, dadas las interacciones comerciales actuales, el entorno internacional que es cada día mas influyente en las decisiones de desarrollo de un sector tan importante en la economía nacional como es el de la leche. La actividad de la industria lechera en México ha sido de vital importancia dentro del desarrollo económico y social del país. Una de las razones es el hecho de que históricamente la demanda nacional no ha sido cubierta con la producción que aporta el sector productivo, por lo que se ha recurrido a las importaciones de productos lácteos, principalmente de leche en polvo, la cual ha sido orientada a satisfacer el abasto social dirigido a la niñez de menores recursos económicos y a la industria. La industria lechera en México ha experimentado una serie de condiciones políticas y sociales que han influido en su desarrollo. Entre las mas importantes han sido el rápido crecimiento demográfico que ha acentuado un incremento en la demanda de productos lácteos. Algunas decisiones políticas también han tenido su impacto al considerar el control de precios durante la época de los ochentas, la cual supeditaba el precio pagado al productor a la capacidad de compra de la población. Variaciones importantes en el hato nacional a través del tiempo también han afectado la capacidad productiva.

Esta problemática compleja, que incluye el déficit en la producción de leche y la limitada capacidad de producción y procesamiento, han determinado que México sea uno de los objetivos de mercado de muchos países exportadores de productos lácteos, ya que México durante esta última década se ha convertido en uno de los mayores importadores de leche para consumo humano en el mundo. En los últimos años se han dado algunos cambios en las políticas gubernamentales como la liberación del precio de la leche en 1998 y la reestructuración de las cadenas agroindustriales con el fin de responder a las exigencias que se plantean a nivel nacional y ante la competencia internacional. Lo anterior ha creado un clima mas favorable para la industria lechera en México. Un ejemplo es el hecho de la creación de la normatividad para el etiquetado y la denominación para garantizar el tipo y composición del producto orientado a que el precio sea de acuerdo a la caracterización.



Las compañías industrializadoras han jugado un papel importante en el desarrollo de la ganadería lechera a nivel regional. Se ha promocionado la instalación de tanques enfriadores así como la importación y fomento a la producción y adquisición de vaquillas de reemplazo. Si bien es cierto que se han tomado algunas acciones tendientes a apoyar la organización de productores, y la industrialización, estos han sido en zonas específicas del país. En la región Pacífico Centro, el estado que ha mostrado más desarrollo en este sentido ha sido Jalisco, y en segundo lugar Michoacán. Por su parte Colima y Nayarit se encuentran en un grado de desarrollo mucho menor comparado con los otros dos estados.

Entorno Nacional

México se encuentra entre los primeros veinte países productores de leche (15º lugar) en el mundo. La producción nacional de leche de bovino ha venido incrementándose a través del tiempo (8 mil millones de litros durante 1998 y poco más de 10 mil millones en 2006). Considerando la producción en la última década, se observó un incremento del 35.4% (1990 – 1999), equivalente a una tasa de crecimiento anual del 4.41%; sin embargo esta tendencia en el crecimiento ha disminuido en los últimos años. No obstante lo anterior, la producción no ha sido suficiente para cubrir la demanda nacional.

Este déficit ha sido subsanado con importaciones variables de este producto (principalmente leche en polvo) a través del tiempo, las cuales actualmente se encuentran cercanas al 20% del consumo nacional.

La producción de leche por estados ha mostrado una evolución heterogénea. Así, se identifican estados de la República que se han mantenido como líderes en la producción durante los últimos años (Jalisco, Veracruz, Guanajuato, Chihuahua); sin embargo su crecimiento en la presente década ha sido moderado. En contraste, la producción en algunos estados (Durango, Coahuila, Aguascalientes) ha evolucionado de manera importante. Parte de éste crecimiento ha sido relacionado con el nivel de uso de tecnología disponible. Es necesario mencionar que en la última década también existen estados que han mostrado un decremento en su producción.

Sistemas de Producción

En el país se identifican al menos tres sistemas de producción de leche: tecnificado o empresarial, semitecnificado o familiar y el sistema de doble propósito.

Sistema tecnificado. Este sistema se caracteriza por contar con hatos de ganado especializado, Holstein principalmente, en rebaños medianos y grandes, en estabulación permanente y fuertes inversiones en instalaciones y equipo. Las explotaciones bajo este sistema, normalmente aplican la tecnología disponible relacionada con la genética, alimentación, reproducción, sanidad y manejo general del rebaño.

Sistema semitecnificado. Este sistema se caracteriza por tener hatos pequeños (5-30 vacas de raza especializada o bien cruza de las mismas). La inversión en infraestructura es baja y la fuerza de trabajo familiar es el eje del sistema. El uso y aplicación de la tecnología es ocasional. El acopio y la comercialización de los productos finales frecuentemente constituyen un problema.

Sistema de doble propósito. La característica principal de este sistema es la producción de carne y leche, generalmente bajo condiciones de pastoreo y en menor grado de estabulación. El sistema se desarrolla principalmente en zonas tropicales y subtropicales utilizando cruza de ganado cebuino con ganado europeo y el tamaño del hato es muy variable. En este sistema el uso de tecnología es limitado. Debido a la dispersión de las explotaciones en este sistema, el acopio y la comercialización también constituyen un problema.

Regiones Agroecológicas

Con el objeto de simplificar, en México se pueden considerar al menos 4 regiones agroecológicas. Sin embargo, es necesario reconocer que dentro de cada región existen diversos sistemas de producción.

Norte. En esta región se incluyen los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Durango. El sistema tecnificado es el sistema preponderante en esta región. La fluctuación estacional es mínima en este sistema de producción. En esta región se encuentran localizadas algunas industrias importantes (Lala, Grupo Zaragoza, Chilchota) y los principales productos son leche fluida, industrializada y derivados.

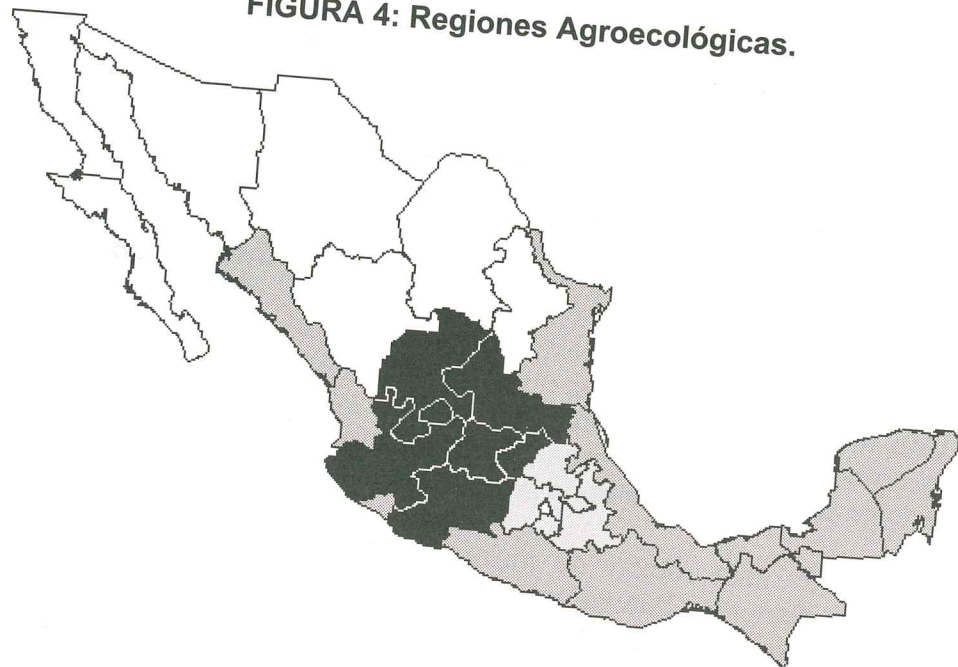
Centro Norte y Occidente. Incluye los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas. En esta región se encuentran explotaciones con sistema semitecnificado y en menor proporción explotaciones bajo sistemas tecnificados, principalmente en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí. En las explotaciones semitecnificadas el uso de mano de obra familiar constituye un factor importante. Las organizaciones predominantes son cooperativas, grupos de productores, integradoras de centros de acopio y "ruterios".

Centro. Los estados de Hidalgo, México, Morelos, Puebla y Tlaxcala están incluidos en ésta región. Los sistemas tecnificados y semitecnificados coexisten en esta. Entre las organizaciones presentes se pueden incluir a las empresas transnacionales, grupos de productores nacionales y regionales y "ruterios". Los principales productos son la leche industrializada y derivados, así como la venta a intermediarios.

Trópico. Los estados localizados en las costa este, oeste y de la Península de Yucatán se incluyen en esta clasificación (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Colima, Nayarit y

Sinaloa). El sistema de producción predominante es el de doble propósito y las empresas transnacionales, artesanales y "ruteros" son las organizaciones presentes. Los productos están constituidos por leche bronca y quesos.

FIGURA 4: Regiones Agroecológicas.



Problemática Común a los Tres Sistemas de Producción.

Nivel de eficiencia. En general, la actividad lechera nacional presenta problemas de ineficiencia al considerar los niveles observados en otros países. Esta ineficiencia es explicada, entre otros puntos, por la falta de aplicación de tecnología disponible o bien por el desconocimiento de su correcta aplicación, y problemas de integración de la cadena.

Inexistencia de programas de mejoramiento genético. La inexistencia de programas de mejoramiento genético tendientes a promover incrementos en la eficiencia productiva resulta en la insuficiencia de producción de animales de reemplazo de calidad superior al promedio del hato actual en las explotaciones.

Corta vida productiva. El crecimiento del hato nacional se ve frenado por la corta permanencia de animales de pie de cría en hatos de lechería especializada (menor a 3 lactaciones) así como a la producción deficiente de animales de reemplazo. Esta corta vida productiva es el resultado de tasas de desecho inadecuadas debidas a diversos factores como: ineficientes esquemas de alimentación, problemas reproductivos y alta incidencia y prevalencia de enfermedades abortivas y de la glándula mamaria.



Producción deficiente de hembras de reemplazo. La premisa de producir los reemplazos necesarios con potencial genético superior al de sus progenitoras no se ha cumplido en los establos lecheros. La producción de vaquillas de reemplazo debe ser suficiente para sustituir tanto a las vacas que se desechan anualmente por problemas de salud o infertilidad (desecho involuntario) como a las vacas poco productivas del hato (desecho voluntario).

Calidad de los productos. La buena calidad de los productos es imprescindible para lograr un buen precio y así incrementar el ingreso de los ganaderos. Sin embargo, en una proporción importante de las unidades de producción persisten factores que atentan contra la calidad sanitaria, nutritiva y comercial de la leche. Si bien es cierto que este problema es común a todos los sistemas de producción, también es cierto que el problema es mayor en los sistemas de lechería semitecnificada y de doble propósito.

Calidad de forrajes. La mayoría de los cultivos tradicionalmente utilizados en la producción de leche son dependientes de gran cantidad de agua de riego; adicionalmente, el manejo de cosecha así como el manejo posterior a esta, regularmente, provocan disminución no solo en el rendimiento sino también en la calidad nutritiva de los forrajes. Este problema repercute en una mayor dependencia de alimentos concentrados para poder mantener producciones elevadas.

Organización. La organización de productores, especialmente en forma de cooperativas, ha determinado en gran parte el éxito sobre el mejoramiento de la calidad y comercialización de la leche. Uno de los primeros dividendos de estas organizaciones es el hecho que actualmente en Jalisco los ganaderos entregan la leche fría a la industria casi en un 80%, comparado con un 5% que se entregaba en 1992. En lo que respecta a Michoacán la cuenca lechera Sahuayo-Jiquilpan continúa a la fecha con problemas de organización y comercialización, el mismo caso se puede mencionar para los estados de Colima y Nayarit.

En la región Pacífico Centro la cuenca lechera de los Altos de Jalisco es la que más se ha desarrollado en formación de cooperativas o en alguna forma de organización. En esta región casi el 75% de los pequeños y medianos productores están organizados alrededor de tanques de enfriamiento y la venta colectiva de leche. Esta acción fue en respuesta al proceso de globalización y para enfrentar algunos retos del proceso de modernización que está ocurriendo en el país. Los pequeños productores producen entre 80 y 120 litros/día de leche, mientras que los medianos producen 3000 y 5000 litros/día. Cada grupo está convenido con la misma empresa y en general se localizan en la misma ruta (Rodríguez, 1998).

De esta manera se puede observar que la producción a nivel nacional, y en especial en la región de Los Altos de Jalisco, enfrenta grandes retos para superar los rezagos, no obstante, también se enfrenta a grandes oportunidades que de



aprovecharse, permitirán el establecimiento de una tendencia para una producción sustentable.

Referencias

- Álvarez M. A. 1998. El sistema lechero en México: Situación actual y perspectivas. XXXIV Reunión Anual de Investigación Pecuaria. Querétaro, México.
- Arriaga J. C., A. Espinoza O., B. Albarrán P., O. Castelán O. 1997. Perspectivas y retos de la producción de leche a pequeña escala en el centro de México. CICA: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Chombo G. P. 1998. Los aspectos tecnológicos en la calidad de la leche. En: Los rejugos del poder. Globalización y cadenas agroindustriales de la leche en Occidente. México.
- Encinas, R. A., De la Fuente, H. J, Mckinlay, H. y Chápela, G. 1995. Movimiento campesino y reforma neoliberal. En: El campo mexicano en el umbral del siglo XXI. (Coord) Encinas, R.A. Ed. Espasa. México.
- Gómez, C. M. A., Scwentesi R. R. 1995. Impacto de la devaluación en el sector agropecuario, agudizamiento de la crisis agrícola. Reporte de investigación No. 26. CIESTAAM. Universidad Autónoma de Chapingo.
- González P. E. 1997. Políticas de generación, adaptación y transferencia de tecnología lechera en México: II Seminario internacional sobre los sistemas nacionales lecheros de América del Norte. México.
- INEGI. 1998. El sector alimentación en México.
- Muñoz, R. M. y Santoyo, C. V. H. 1995. Retos y oportunidades para las agroempresas en una economía abierta. Reporte de investigación No.24. CIESTAAM. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Ochoa. R. F., D. P. Anderson., J. L. Outlaw., J. W. Richardson., R. D. Knutson., R. B. Schwart., J. W. Miller. 1998. Granjas lecheras representativas en México. Panorama Económico 1998. Agricultural & Food Policy Center. Dep of Agric. Econ. Texas A&M University.
- Padilla, R. F. S. 1999. Reporte Trimestral de Investigación, CIRPAC – INIFAP.
- Rodríguez, G.G. 1998. Una mirada sociocultural y política a la globalización de la calidad de leche en los altos de Jalisco. En: Los rejugos del poder. Globalización y cadenas agroindustriales de la leche en Occidente. México.
- Zorrilla Ríos, J., Ramírez V., R. Martínez L. 1997. Jalisco en el sistema lechero nacional: Situación actual y perspectivas. Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Jalisco, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Guadalajara, Jalisco.

KEMPEN SYSTEM, UN INNOVADOR CONCEPTO DE NUTRICIÓN PARA GARANTIZAR LA VIABILIDAD DE LA GRANJA LECHERA FAMILIAR

Javier Martín-Tereso y Harmen van Laar

Ruminant Research Centre de Nutreco, Holanda

Antecedentes y definición del sistema

El sector de vacuno de leche en España ha cambiado rápidamente en los últimos 20 años. En el año 1985 con el ingreso en la entonces Comunidad Económica Europea, el pastoreo de animales de doble propósito en las regiones verdes del norte representaba aún en gran parte la realidad de la producción de leche. Hoy se ha pasado a un sector profesional donde se imponen modelos tanto de grandes unidades de producción con mano de obra externa, como de granjas familiares con un tamaño crítico y eficiencias productivas competitivas. En el año 2007 no podemos decir que este proceso de reconversión esté completado, pero sí que han quedado definidos los pocos modelos productivos viables y sostenibles en este escenario socioeconómico.

Para la viabilidad de las explotaciones familiares es necesario un crecimiento hasta un tamaño que reporte suficientes ingresos a la unidad familiar. Este crecimiento, en las zonas donde existe una tradición productora de leche, está limitado por la superficie forrajera de la explotación y el alto capital inmovilizado asociado a la producción de leche. Tierra, cuota láctea, maquinaria, e instalaciones suponen un capital que la rentabilidad de esta actividad no llega a construir en el tiempo. Además, la premisa de mantener la explotación sin recurrir a la costosa mano de obra externa, hacen de la producción de leche una actividad poco atractiva por su alta carga de trabajo.

Otra actividad ganadera bovina más atractiva es el cebo de terneros para carne. El sistema de cebo más usado en España se basa en el suministro de un pienso compuesto granulado ad libitum, complementado con paja de cebada o trigo, también a libre disposición. Este sistema permite la producción sin forrajes de cosecha propia, y requiere poca mano de obra y relativamente poco capital inmovilizado. El reto de este sistema es mantener la función ruminal, con una alimentación que puede alcanzar niveles de fibra efectiva muy bajos y que se suele formular con una alta concentración energética para maximizar el crecimiento. Tradicionalmente no se consideraba nutricionalmente posible extrapolar las ventajas prácticas de este sistema de alimentación al vacuno de leche.



A pesar de que en muchos escenarios productivos la generación propia de forrajes es la clave para minimizar el coste de producción de leche, en situaciones donde hay poca disponibilidad de tierra, agua o mano de obra, el coste real de los forrajes puede superar el coste de los concentrados. La bibliografía cuenta con multitud de referencias de sustitución de forrajes por subproductos fibrosos, y en Europa y Asia son numerosas las iniciativas prácticas para minimizar el uso de forrajes en raciones.

El sistema Kempen, se basa en alimentar vacas de leche con un pienso granulado ad libitum, complementado de manera separada con un heno de alta calidad que proporcione la fibra efectiva. De este modo, los consumos voluntarios definen la ración entre un 70 y 85% de pienso y entre el 15 y 30% de heno. El pienso se ofrece con unas tolvas que limitan la velocidad de ingesta, aunque no la ingesta total, y el heno se ofrece de manera que los animales tengan fácil acceso a él continuamente. Los animales consumen gran cantidad de materia seca en forma de pienso en pellets, pero de una forma continuada y mantienen la rumia gracias al consumo de heno.

Proyecto Kempen en Nutreco I+D

En el año 2001, Nanta, la empresa de nutrición del grupo Nutreco en España y Portugal, consciente de los condicionantes estructurales de su sector, solicita al Ruminant Research Centre de Nutreco, explorar los limitantes nutricionales de un sistema de pienso ad libitum para vacas de leche. El proyecto, aún hoy en marcha, estudiaría factores de la función ruminal como la formulación, el patrón de ingesta, la tecnología de granulación, aditivos moduladores de la fermentación, efecto de los macrominerales en el rumen, valoración de forrajes y confort animal.

Las primeras experiencias se basaron en el estudio del suministro de altas cantidades de pienso a vacas fistulizadas con los distribuidores electrónicos de alimento de la granja experimental de Nutreco en Holanda. El efecto de los patrones de ingesta voluntaria o dirigida sobre el pH ruminal y la producción de ácidos grasos volátiles se estudiaron para evaluar la viabilidad de la idea y sentar las bases del sistema. En estos estudios quedó patente la ventaja de un sistema ad libitum y las necesidades de limitar la velocidad de consumo y de aportar un forraje de determinadas cualidades (Nutreco RRC, 2002, no publicado).

Las características de formulación se definieron de acuerdo con el modelo de racionamiento de Nutreco (Van Laar et al. 2004) y se contrastaron con otros sistemas como el CNCPS (Russell et al. 1992) o el NRC (2001). Del mismo modo se comprobó la cobertura de necesidades de fibra efectiva respecto a Mertens (1997).

En una prueba de producción el primer concepto de sistema se comparó con una ración TMR (Total Mixed Ration) y con el sistema tradicional usado en Holanda, una base forraje suplementada electrónicamente con piensos. Los resultados positivos de esta prueba (Nutreco RRC, 2002, no publicado) animaron a iniciar

experiencias en campo en la península Ibérica con comederos no electrónicos, mientras que la investigación continuaba.

En primavera del 2003 se lanza al mercado la primera versión del nuevo sistema en España y Portugal. El sistema se denomina Kempen System como referencia al nombre de la granja experimental del Nutreco Ruminant Research Centre, "Kempenshof".

Implementación internacional

En cuatro años, el nuevo sistema se ha convertido en una alternativa nutricional aceptada dentro del sector en España y Portugal. Miles de vacas se alimentan y se manejan con este sistema en explotaciones de tamaños comprendidos entre 30 y 120 vacas. A finales del 2004, el sistema se lanza en Francia, mostrando allí también gran aceptación.

En el 2006, el sistema se exporta a Corea del Sur; allí la necesidad de importar forrajes desde Norteamérica o Australia hace muy atractivo un sistema que minimiza el consumo de forrajes manteniendo la función ruminal. También en el 2006 se empezaron granjas piloto en Irlanda y en el 2007, en Holanda y Alemania. El sistema parece encontrar nichos de utilidad en numerosos escenarios productivos.

Consideraciones nutricionales y productivas

Desde un punto de vista nutricional, la característica más relevante del sistema es el incremento de la ingesta de materia seca. La tradicional limitación volumétrica de la ingesta pierde relevancia en un sistema donde la fibra efectiva es ofrecida separada de los demás nutrientes. Además en un sistema ad libitum con dos elementos, la densidad energética de la ración no es constante como en una TMR.

Las consecuencias productivas de esto son un consistente aumento de la producción de un orden de entre el 10 y el 15%. Las lactaciones son más persistentes y alcanzan picos más altos. El efecto en la curva de lactación parece ser más marcado en animales de primer parto. Además, al contrario de lo que se pudiese esperar, los animales parecen mantener mejor la condición corporal a lo largo de la lactación sin necesidad de hacer grupos. Esto podría estar relacionado con que en el comienzo de la lactación, la producción de leche y la ingesta de energía neta divergen menos que en sistemas tradicionales, observándose balance energético calculado menos negativo.

El sistema también afecta las calidades de la leche producida. En general, el aumento de producción viene acompañado de una mayor fracción de proteína y un moderado descenso de la grasa en leche. Por tanto los animales exportan una mayor cantidad de proteína por día, y la grasa total producida en ocasiones también aumenta, pero generalmente se mantiene aunque diluida en la mayor producción.



Consideraciones económicas

Es obvio que en un sistema de estas características el coste corriente de pienso por animal y por litro de leche producido es mucho mayor. Es necesario evaluar detalladamente si el coste total de alimentación aumenta o no. El cálculo completo del coste de los forrajes de producción propia no es sencillo, y a veces se confunde el coste de producción con el valor de mercado de estos, cuando en muchas situaciones es muy diferente. Cuando se contabilizan costes de oportunidad del capital inmovilizado en tierra y costes de mano de obra propia dedicada a la producción de los forrajes, el coste puede en determinadas situaciones superar al valor del pienso. Este valor invertido en los forrajes sólo es tangible, en realidad, allí donde hay una alternativa de uso para la tierra o para la mano de obra propia.

En ocasiones, es la ausencia de factores productivos como la tierra, el agua o la mano de obra la que postula al sistema como única alternativa para la continuidad de la actividad, sobre todo en situaciones en que la viabilidad implica un aumento de tamaño de la explotación.

Impacto personal y social

La actividad ganadera de escala familiar es una ocupación muy sacrificada. Los animales se ordeñan y comen todos los días del año. Las tecnologías que simplifican las labores diarias como el robot de ordeño o este sistema de alimentación suponen una mejora de la calidad de vida en la ganadería familiar. Cuando la producción de leche se simplifica a la gestión y al ordeño, la profesión por tanto se vuelve más atractiva, y esto fomenta la continuidad de la actividad.

Una de las realidades recurrentes en las zonas rurales de los países industrializados es el paulatino abandono de estas zonas por la falta de reemplazo generacional en las actividades rurales familiares. Racionalizando las condiciones de trabajo de estas actividades, tiene un efecto en la sostenibilidad a largo plazo de estos modelos productivos y en el futuro de las zonas rurales de los países industrializados.

Consideraciones medioambientales

Se podría entender este sistema como una ultra intensificación de la producción lechera, pero no siempre es este el caso. El sistema Kempen fomenta la viabilidad de unidades de producción de tamaño familiar, lo que difumina la producción de leche en el espacio geográfico. Por otro lado, la producción de leche por animal aumenta, y esto hace esperar que el impacto ambiental por litro de leche disminuya. La producción de heno no es tan intensiva como la de forrajes ensilados y la producción de pienso granulado abre la posibilidad de utilizar gran cantidad de subproductos fibrosos de cereal.

Conclusiones

El sistema Kempen ayuda a sortear los factores limitantes para viabilidad y sostenibilidad de las explotaciones de vacuno de leche familiares en múltiples situaciones productivas. Externalizando la nutrición del ganado, se ahorra mano de obra y el capital fijo asociados a la producción de forrajes y preparación de la ración. Esto permite crecer con menor fijación de capital y dentro de la mano de obra familiar.

Este sistema no sólo es seguro nutricionalmente manteniendo la función ruminal, sino que además promueve mayores ingestas de materia seca. Esto resulta en mayores producciones de leche, pero además en un menor estrés metabólico en el comienzo de la lactación.

Esta alternativa puede mejorar la vida en las granjas de leche de pequeño tamaño y hacer más atractiva la profesión. Por tanto tiene un efecto positivo en la sostenibilidad de los modos de vida en las zonas rurales.

Referencias

- Mertens, D. Creating a system for meeting the fibre requirements of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 1997.
- Mertens, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 1997.
- NRC, nutrient requirements of dairy cattle. 7th edition. National Academy Press, 2001.
- Russell J.B., O'Connor J.D., Fox D.G., Van Soest P.J., Sniffen C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *Journal of Animal Science*, 1992.
- Van Laar, H., Meijer, R., Mulder, K., Burema, W. and Brok, M. Development of a simple nutrient based feed evaluation model for dairy cows. Garnsworthy, P.C. and Wiseman, J. (eds) *Recent advances in animal nutrition* 2004.



ESTRATEGIAS PARA HACER EL MEJOR USO DE LA PROTEÍNA EN RACIONES PARA VACAS LECHERAS

Glen A. Broderick

US Dairy Forage Research Center, Agricultural Research Service, USDA, Madison, Wisconsin

Introducción

Los rumiantes aprovechan eficientemente las dietas que son pobres en contenido de proteína verdadera porque los microbios en el rumen son capaces de sintetizar una gran proporción de la proteína requerida por el animal. El patrón de aminoácidos (AA) de esta proteína es de una mejor calidad respecto a casi todos los ingredientes comúnmente utilizados en las dietas de los rumiantes domésticos (Broderick, 1994; Schwab, 1996). Además, la utilización del amoníaco por parte de los microbios ruminales permite alimentar con fuentes de nitrógeno no proteico (NPN) tales como la urea, así como la captura del nitrógeno ureico reciclado que, de otra manera, sería excretado en la orina. Muchos estudios han demostrado que las vacas lecheras en lactancia aprovechan más eficientemente la proteína cruda (PC) que otros rumiantes. Sin embargo, las vacas lecheras excretan de 2 a 3 veces más N en el estiércol que lo que secretan en la leche, incluso bajo condiciones de nutrición y manejo óptimo. La ineficiente utilización del N hace necesaria la suplementación proteica, lo que incrementa los costos de producción y contribuye a la contaminación ambiental. Una vaca que produce aproximadamente 8000 kilogramos de leche por lactancia también excreta cerca de 20 toneladas de estiércol húmedo, el cual contiene aproximadamente 120 kilogramos de N (Van Horn et al., 1996). Se estima que aproximadamente el 25% del N del estiércol se pierde como amoníaco con las prácticas de manejo actuales en EUA (NRC, 2003). Los productores de leche están incrementando el tamaño del hato, importando más alimento y alimentando con más proteína, lo que contribuye aun más a la acumulación de nutrientes en las tierras de las regiones lecheras y a mayores impactos sobre el medio ambiente (Bundy y Sturgul, 2001).

Optimizando la formación de proteína microbiana en el rumen

Varios experimentos han demostrado que los rumiantes pueden sobrevivir, incluso tener un aumento moderado de peso (Loosli et al., 1949) y producir cantidades moderadas de leche (Virtanen, 1966), con dietas semi-purificadas en las cuales virtualmente toda la proteína cruda (PC) es suministrada en forma de NPN. Los resultados de Bryant y Robinson (1962) mostraron que el N-amoniaco fue más importante que el N de los AA y los péptidos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos puros de bacterias ruminales. Antes de la publicación de los estudios de Satter y Slyter (1974) se creía que la proteína degradable en rumen (RDP) en forma de urea o de otras fuentes de NPN que aportan amoníaco era equivalente a la RDP

aportada como proteína verdadera. Estos investigadores alimentaron a mezclas de organismos ruminales en fermentadores de cultivos continuos con dietas en las cuales el contenido de PC se incrementó sobre el nivel basal de 4% (en base seca) adicionando únicamente urea. En 3 experimentos, las concentraciones de amoníaco permanecieron con una concentración de 1 mM o menos, y la producción de proteína microbiana se incrementó linealmente hasta que el nivel de PC de la dieta alcanzó aproximadamente el 13% de la materia seca (MS). En ese punto, el flujo de proteína microbiana hacia fuera de los fermentadores dejó de aumentar y la concentración de amoníaco aumentó rápidamente. De manera general, la producción de proteína microbiana no aumentó con la adición de urea cuando la concentración media de amoníaco en los fermentadores era de 2 mM (Satter y Slyter, 1974). Este valor fue ajustado incrementándolo hasta aproximadamente 3.6 mM (5 mg de N-amoniaco/dL) para proporcionar un pequeño margen de seguridad. Schaefer et al. (1980) encontraron que con una concentración de amoníaco 1 mM (1.4 mg N/dL) o menos permitieron el 95% de crecimiento máximo en 9 de 10 cultivos puros de bacterias ruminales estudiadas. Los resultados de estos 2 experimentos pusieron en duda el valor de la urea o de otras fuentes de NPN en la alimentación bajo diferentes situaciones.

Ha habido mucho desacuerdo durante los últimos 33 años con respecto a la pertinencia de 5 mg N/dL ("5 miligramos %") como el límite superior para la utilización del amoníaco *in vivo*. Mehrez et al. (1977) introdujeron urea en el rumen de ovejas a través de una infusión y encontraron que la digestión *in situ* de la cebada se incrementó en respuesta al incremento del amoníaco, alcanzando su punto máximo con aproximadamente 20 mg de N-amoniaco/dL. Odle y Schaefer (1987) realizaron estudios similares en ganado y observaron tasas máximas de desaparición de MS *in situ* a 12.5 y 6.1 mg de N-amoniaco/dL para cebada y maíz, respectivamente. Las concentraciones ruminales de ácido diaminopimélico, un marcador para proteína bacteriana, incrementaron con la adición de urea a una dieta rica en maíz hasta que el N-amoniaco en rumen alcanzó 8.5 mg/dL (Kang-Meznarich y Broderick, 1980). Los niveles relativamente bajos de amoníaco requeridos por los organismos ruminales en condiciones *in vitro* pueden estar relacionados con el hecho de que el crecimiento de estos organismos ocurre principalmente en substratos solubles (Schaefer et al., 1980). Se ha especulado que concentraciones óptimas más altas de amoníaco se requieren en condiciones *in situ* e *in vivo*, bajo algunas circunstancias, porque existe una asociación física de las bacterias con las partículas de los substratos y a que los niveles de amoníaco son muy bajos en estos nichos específicos (Odle y Schaefer, 1987).

Parte de la confusión con respecto al "requerimiento" de amoníaco por parte de los microbios ruminales puede provenir de la dificultad para diferenciar la concentración de amoníaco de la degradación de la proteína. En dietas prácticas, el amoníaco se genera en gran medida a través de la desaminación de los AA que se producen de la proteólisis ruminal y la producción de amoníaco es paralela a la formación de péptidos y AA libres. Es conocido que productos de la degradación de proteína diferentes al amoníaco estimulan la síntesis de proteína microbiana en el



rumen. Oltjen (1969) resumió resultados que demostraban que, cuando toda la PC de la dieta fue sustituida por urea, la tasa de crecimiento, la eficiencia alimenticia y la retención de N en rumiantes fueron de aproximadamente el 65% en relación a cuando las mismas dietas contenían solamente PC en forma de proteína aislada de soya. Maeng y Baldwin (1976) encontraron incrementos substanciales en la formación proteica y eficiencia (proteína formada por unidad de carbohidratos fermentados) en respuesta a pequeños suplementos de AA de proteínas en incubaciones de organismos ruminales mixtos. Argyle y Baldwin (1989) demostraron que agregando solamente 1 mg/L de una mezcla de AA de proteína más 1 mg/L de péptidos (de caseína digerida con tripsina) la producción *in vitro* de células de organismos ruminales mixtos se incrementó a más del doble. Estos investigadores también encontraron que la respuesta en producción de microorganismos a adiciones de AA y péptidos 10 y 100 veces mayores era progresivamente más baja. Además, Hristov y Broderick (1994) observaron que la formación neta de proteína microbiana *in vitro* incrementó mientras que la tasa de degradación de las proteínas verdaderas agregadas aumentó hasta 0.14/h pero cambió poco mientras la degradación incrementó a 0.68/h.

Sincronizando la proteína degradable en rumen con carbohidratos fermentables

Los objetivos principales del NRC (2001) y otros modelos de proteína son, primero, la igualación del aporte de RDP con la fermentación ruminal de los carbohidratos, y después proporcionar suficiente RUP para subsanar cualquier déficit de proteína metabolizable. Existen diferencias substanciales entre diferentes fuentes de almidón (Herrera-Saldana et al., 1990) y entre granos debido a su procesado, en la fermentación ruminal. Los efectos del procesado sobre la extensión de la digestión ruminal del almidón de maíz son mucho mayores que en el tracto digestivo completo (Cuadro 1; Owens et al., 1986). Nosotros encontramos que moliendo maíz con alta humedad en molinos de martillo con malla de 1 cm se optimizaba la incorporación de amoníaco *in vitro* y alimentando vacas con maíz con alta humedad molido a ese tamaño de partícula (tamaño medio de partícula de 1.7 mm) se reducía la concentración *in vivo* de amoníaco en rumen y la producción de leche incrementaba en 2.4 kg/d y la producción de proteína en 120 g/d comparado con el maíz con alta humedad control (tamaño medio de partícula de 4.3 mm) (Ekinici y Broderick, 1997). Al procesar maíz seco para reducir su tamaño medio de partícula de 3.5 a 0.6 mm, la digestibilidad ruminal del almidón se incrementó de 54 a 70% (Remond et al., 2004). Charbonneau et al. (2006) observaron que sustituyendo maíz quebrado con maíz molido o con una combinación de maíz molido más almidón de maíz la producción de leche aumento un 10% y la producción de proteína un 14% en vacas lecheras altas productoras. El procesado con calor (e.g., rolado con vapor) también incrementa la digestión ruminal del almidón (Cuadro 1).

Los problemas metabólicos asociados con la acidosis ruminal limitan la alimentación de carbohidratos de rápida fermentación para estimular la proteína microbiana; por lo tanto, es importante conocer cuánto concentrado optimiza el

rendimiento sin dañar la vaca. Valadares et al. (2000) agregaron maíz con alta humedad para diluir el ensilaje de alfalfa de la dieta (% de ensilaje de alfalfa/% concentrado a base de maíz, con base en MS) de 80/20 a 65/35, 50/50 y 35/65. Las respuestas cuadráticas observadas indicaron que el consumo máximo de MS y la producción de leche corregida por grasa (FCM) ocurrieron con 51% de concentrado (38% de carbohidratos no fibrosos; NFC) y la máxima producción de grasa con 43% de concentrado (34% de NFC). Sin embargo, las respuestas en producción de leche y proteína fueron lineales en lugar de cuadráticas y ambas continuaron incrementando con 35% de forraje y 65% de concentrado. Además, la formación de proteína ruminal, estimada con los derivados de purina excretados en orina también mostró una respuesta lineal, a pesar de un pH ruminal bajo y otros signos de sobrealimentación de NFC (Valadares et al., 2000). Claramente, la demanda de energía de la vaca en lactación es substancial y el nivel óptimo de concentrado es determinado más por la salud del rumen y del animal en el largo plazo que por la máxima producción de leche.

Cuadro 1. Efecto del procesado sobre la digestibilidad del almidón de maíz y cebada (Owens et al., 1986).

Método de Procesado	Proporción de Digestión del Almidón, %			
	Rumen	Intestino Delgado	Intestino Grueso	Tracto Completo
Maíz Quebrado	69	13	8	89
Maíz Molido	78	14	4	94
Maíz Rolado a Vapor	83	16	1	98
Maíz con Alta Humedad	86	6	1	95
Cebada Molido	94

El ensilaje de maíz comúnmente se añade al alimento para proporcionar "forraje" con alta energía con el cual se diluye la proteína altamente degradable presente en cosechas de heno-ensilajes. Dhiman y Satter (1997) sustituyeron 1/3 o 2/3 de ensilaje de alfalfa con ensilaje de maíz. Comparado con 100% de forraje de alfalfa, la producción de leche fue 6% más alta durante toda la lactancia cuando 2/3 del forraje de la dieta era ensilaje de alfalfa y 1/3 era ensilaje de maíz; también hubo mejoras comparables en la eficiencia del nitrógeno. Brito y Broderick (2006) evaluaron los efectos de la sustitución gradual del ensilaje de alfalfa con ensilaje de maíz. La mayor respuesta en eficiencia de N, sin pérdida de producción de leche, grasa y proteína, ocurrió con aproximadamente el 50% del forraje en forma de ensilaje de alfalfa y el 50% en forma de ensilaje de maíz (Cuadro 2).



Generalmente sobrealimentamos con proteína cruda

La PC que no es utilizada por la vaca regularmente es excretada como N urinario, independientemente de si contribuye o no con AA absorbidos. En la primera de varias pruebas para evaluar los efectos de la alteración de la concentración de la PC de la dieta, alimentamos con 3 densidades de energía (75, 62 y 50% de forraje de la MS de la dieta, aportando 36, 32 y 28% de NDF) en cada uno de 3 niveles de PC (15.1, 16.7 y 18.4% de la MS, adicionada principalmente como harina de soya extraída con solvente; Broderick, 2003). No hubo interacciones entre la densidad de energía y la PC —esto es, las vacas respondieron a la PC de manera similar con los 3 niveles de energía. Tanto la producción de leche como la de proteína se incrementaron en respuesta al primer incremento de PC, pero no hubo diferencias en producción entre 16.7 y 18.4% de PC. Hubo un marcado aumento en la excreción de N urinario en respuesta a una mayor cantidad de PC en la dieta, la cual era casi toda urea, la forma que puede ser rápidamente degradada y volatilizada como amoníaco.

En un segundo estudio, la PC de la dieta se incrementó gradualmente con aumentos aproximados de 1.5 unidades porcentuales de 13.5 a 19.4% de PC en raciones con 50% de forraje (Olmos Colmenero y Broderick, 2006a). Como se esperaba, el N ureico en leche (MUN), la excreción urinaria de N y la relación N en leche/N consumido reflejaron una declinación lineal de eficiencia del N en respuesta a un aumento en la PC de la dieta (Cuadro 3). También encontramos que la producción era numéricamente la más alta con la dieta de 16.5% de PC y las respuestas cuadráticas observadas indicaron que la producción de la leche y proteína fueron máximas con 16.7 y 17.1% de PC. Al proporcionar mayor cantidad de PC hubo una reducción en la producción en este estudio, resultado que fue sorpresa en vista de que en la práctica común las vacas lactantes se alimentan con dietas con 18% o más de PC (Shaver y Kaiser, 2004). La reducción en producción con niveles altos de PC pudo haber resultado porque el incremento se obtuvo sustituyendo maíz con alta humedad con harina de soya extraída con solvente, la cual diluyó la energía de la dieta (Olmos Colmenero y Broderick, 2006a). Además, existe un costo metabólico de 7.2 Kcal de energía metabolizable por cada g de N excretado como urea en exceso (NRC, 1989). Resultados similares de no incremento (Sannes et al., 2002) o incluso reducción (Wattiaux y Karg, 2004) en producción de leche con más de aproximadamente 16.5% de PC en la dieta se han reportado con anterioridad.

Nuestros experimentos fueron estudios reversibles (en los que las dietas fueron cambiadas después de 4 semanas) conducidos en gran parte con vacas en lactancia media, por lo tanto, los resultados pueden no ser aplicables en curva completa de lactancia. Sin embargo, Wu y Satter (2000) encontraron que el régimen de alimentación de PC en la dieta que soportaba la producción óptima de FCM durante toda la lactancia implicó proporcionar 17.4% de PC durante las primeras 16 semanas después del parto, seguido con 16.0% de PC durante las restantes 28 semanas. Incrementando la PC de la dieta a 19.3% durante la primera fase, o a 17.9% durante la segunda fase, no mejoró la producción de FCM, solamente aumento la excreción de N. Estudios en laboratorio de la orina y las heces

excretadas por vacas alimentadas con el más bajo y el más alto de 5 niveles de PC (Olmos Colmenero y Broderick, 2006a) mostraron que la volatilización del amoníaco era más rápida, en estiércol fresco y almacenado, cuando las vacas fueron alimentadas con una mayor cantidad de proteína (Misselbrook et al., 2005). Külling et al. (2001) reportaron anteriormente que al reducir la PC en dietas proporcionadas a vacas en lactancia se reduce la pérdida de N por volatilización del estiércol almacenado. Las estrategias futuras para reducir la pérdida de N del estiércol, especialmente del N de la orina, pueden aprovechar la ventaja que ofrece el reciclaje de la urea hacia el rumen (Lapierre y Lobley, 2001).

Alimentación con proteína no degradable en rumen y aminoácidos protegidos

Un valor de los nuevos sistemas racionales es que puedan ser utilizados para identificar dietas con las cuales las vacas lactantes responderán a la RUP suplementaria. Normalmente las dietas para vacas lecheras son altas en PC, en NPN del ensilaje de alfalfa y frecuentemente se observan respuestas considerables a la suplementación de RUP, con fuentes tales como harina de soya sometida a un tratamiento calórico (Broderick et al., 1990; Faldet y Satter, 1991) o harina de pescado (Broderick, 1992) en estas dietas. Comparado con una dieta isonitrogenada que contenía urea, encontramos una interesante respuesta a tres fuentes de proteína verdadera que diferían en contenido de RUP y AA (Brito y Broderick, 2007). El flujo de RUP y de proteína total del rumen fue más alto con la harina de semilla de algodón, intermedio con la harina de canola y más bajo con la harina de soya extraída con solventes; sin embargo, la producción de proteína y grasa fue más alta con harina de canola, intermedia con harina de soya, y más baja con la harina de semilla de algodón (Cuadro 4). También evaluamos el efecto de reducir el nivel de PC por debajo del 16.6% alimentando RUP utilizando como fuente harina de soya protegida sometida a un tratamiento calórico (Olmos Colmenero y Broderick, 2006b). Aunque la producción de leche y proteína fueron similares con 2 dietas que contenían 16.6% de PC (con o sin suplementación de RUP) en comparación a una dieta con 17.6% de PC, se observaron pérdidas de 1.2 kg de leche por día cuando se redujo la PC de la dieta a 15.6% aunque esta dieta fue suplementada con harina de soya con alto contenido de RUP.

La metionina y la lisina son los AA esenciales mencionados más frecuentemente como limitantes para las vacas lecheras en lactancia (e.g., Schwab, 1996). La mejora en producción en respuesta a los incrementos de RUP en las pruebas citadas anteriormente pudo haber sido provocada a los perfiles de AA de la RUP de la harina de pescado y harina de canola, los cuales son complementarios a la proteína microbiana (Broderick, 1994). Las respuestas a la metionina protegida en rumen (RPM) han sido más consistentes que las respuestas a la lisina protegida (Armentano et al., 1997). La ventaja de la suplementación post-ruminal de AA limitantes es que su requerimiento puede ser cubierto con una pequeña entrada de N. El valor potencial de la explotación de esta estrategia fue mostrado en Alemania donde al suplementar RPM con 14.7% de PC se observaron secreciones de proteína



en leche iguales que al proporcionar 17.5% de PC, observándose también conversiones de N de la dieta en N en leche de 31 versus 27% (Kröber et al., 2000). Nosotros obtuvimos una producción de proteína similares, e incluso mayor producción de leche y FCM, cuando la RPM fue incluida en dietas con 17.3 y 16.1% de PC versus una dieta con 18.6% de PC sin RPM (Cuadro 5; Broderick et al., 2005). Además, la producción con 15.8% de PC más RPM fue muy similar comparado con 17.1% de PC sin RPM en un experimento posterior (Broderick et al., 2006). Obtuvimos respuestas de mejora similares en una tercera prueba la cual no fue un estudio reversible (no publicado), dándonos confianza en que alimentando con RPM se corregirá la deficiencia de metionina que generalmente se presenta en dietas típicas de producción. Rulquin et al. (2006) también reportaron mejores producciones de proteína en leche con la suplementación de 2 diferentes fuentes de RPM.

Cuadro 2. Efecto de sustituir ensilaje de alfalfa con ensilaje de maíz en dietas de vacas en lactación (Brito y Broderick, 2006).

Item	Ensilaje de Alfalfa/Ensilaje de Maíz			
	100/0	74/26	47/53	21/79
Composición de la Dieta (% de MS)				
Ensilaje de Alfalfa	50.6	37.2	23.7	10.2
Ensilaje de Maíz	0	13.3	26.7	40.0
Proteína Cruda	17.2	16.9	16.6	16.2
Producción				
Consumo de MS, kg/d	26.8 ^a	26.5 ^a	25.4 ^b	23.7 ^c
Producción de Leche, kg/d	41.5 ^a	42.0 ^a	41.5 ^a	39.5 ^b
N-Leche/N-Consumido, %	27.5 ^d	28.5 ^c	30.0 ^b	31.7 ^a
N Urinario, g/d	217. ^a	215 ^a	201 ^b	188 ^b
Metabolism Ruminal				
N-Amoniacal (mg/dL)	10.3 ^a	10.0 ^a	8.0 ^b	4.7 ^c
RDP, g/d	3068 ^{ab}	3142 ^a	2809 ^b	2469 ^c
RUP, g/d	1459	1512	1630	1511
Proteína Microbiana, g/d	2906 ^a	2994 ^a	2875 ^a	2644 ^b
Eficiencia Microbiana ¹	31	29	29	30

^{a-c}Medias en un mismo renglón sin superíndices comunes son diferentes (P < 0.05).
¹Eficiencia Microbiana = g NAN/kg de material orgánica verdaderamente digerida en rumen.

Cuadro 3. Efecto de la PC de la dieta sobre la producción y composición de la leche, digestibilidad, excreción urinaria, y flujo de N no-amoniaco total (NAN) del rumen (Olmos Colmenero y Broderick, 2006a).

Variable	PC de la Dieta, % de MS					Probabilidad	
	13.5	15.0	16.5	17.9	19.4	Lineal	Cuad.
CMS, kg/d	22.3	22.2	23.0	22.3	22.9	0.22	0.93
Producción de leche, kg/d	36.3	37.2	38.3	36.6	37.0	0.65	0.10
Leche corregida por grasa al 3.5 %, kg/d	34.2	35.6	36.7	35.7	36.1	0.10	0.16
Grasa, kg/d	1.14	1.20	1.24	1.23	1.24	0.06	0.29
Producción de proteína, kg/d	1.10	1.15	1.18	1.13	1.15	0.24	0.09
N Leche/N Consumido, %	36.7 ^a	34.4 ^b	30.7 ^c	27.9 ^d	25.5 ^e	< 0.01	0.58
Digestibilidad de MS, %	71.2 ^c	74.6 ^a	74.0 ^a	72.6 ^b	72.4 ^b	0.75	< 0.01
Digestibilidad de NDF, %	39.8 ^c	46.8 ^a	46.3 ^a	42.8 ^b	43.6 ^b	0.16	< 0.01
N ureico urinario, g/d	63 ^e	91 ^d	128 ^c	174 ^b	208 ^a	< 0.01	0.19
N urinario total, g/d	113 ^e	140 ^d	180 ^c	213 ^b	257 ^a	< 0.01	0.15
Flujo de NAN total, g/d	574 ^b	593 ^b	688 ^a	690 ^a	695 ^a	< 0.01	0.35

^{a-e}Medias en un mismo renglón sin superíndices comunes son diferentes (P < 0.05).

Cuadro 4. Efecto de suplementar urea u otras fuentes de proteína verdadera sobre la producción y flujo omasal de proteína en vacas en lactancia. Las dietas estaban compuestas principalmente de ensilaje de alfalfa, ensilaje de maíz y maíz con alta humedad y contenían 16.5% de PC (Brito y Broderick, 2007).

Variable	Proteína Suplementaria ¹				P > F
	Urea	HSoya	HSA	HCanola	
Producción (kg/d)					
CMS	22.1 ^c	24.2 ^b	24.7 ^{ab}	24.9 ^a	< 0.01
Leche	32.9 ^b	40.0 ^a	40.5 ^a	41.1 ^a	< 0.01
Proteína en leche	0.92 ^c	1.23 ^{ab}	1.18 ^b	1.27 ^a	< 0.01
Grasa en leche	1.01 ^c	1.22 ^{ab}	1.18 ^b	1.29 ^a	< 0.01
Flujo omasal de proteína (g/d)					
Proteína microbiana	2344 ^b	2706 ^a	2706 ^a	2775 ^a	0.04
RUP	538 ^c	987 ^b	1348 ^a	1150 ^{ab}	< 0.01
Proteína total	2882 ^c	3693 ^b	4054 ^a	3925 ^{ab}	< 0.01

¹HC = harina de canola; HSA = harina de semilla de algodón; HS = harina de soya.
^{a-c}Medias en un mismo renglón sin superíndices comunes son diferentes (P < 0.05).



Cuadro 5. Efecto de reducir la PC reemplazando harina de soya con maíz con alta humedad mas metionina protegida en rumen (RPM alimentada como Mepron) sobre la producción y excreción de N en vacas en lactancia (Broderick et al., 2005).

Variable	RPM, g/d	PC de la dieta, %				P > F ²
		18.6 0	17.3 5	16.1 10	14.8 15	
CMS, kg/d		23.4	23.4	23.8	23.7	0.85
Producción de leche, kg/d		39.7 ^b	41.6 ^a	41.6 ^a	39.7 ^b	0.05
Leche corregida por grasa al 3.5%, kg/d		38.9 ^b	42.0 ^a	41.2 ^{ab}	38.6 ^b	0.05
Leche /CMS		1.72 ^{ab}	1.80 ^a	1.77 ^{ab}	1.69 ^b	0.07
Grasa en leche, kg/d		1.37 ^{ab}	1.49 ^a	1.43 ^{ab}	1.32 ^b	0.09
Proteína en leche, kg/d		1.15 ^b	1.23 ^a	1.23 ^a	1.20 ^{ab}	0.16
MUN, mg/dL		14.5 ^a	11.8 ^b	9.5 ^c	7.9 ^d	< 0.01
N-Leche/Consumo-N, % Excreción		26.2 ^c	29.9 ^b	31.7 ^b	34.0 ^a	< 0.01
N-ureico urinario, g/d		205 ^a	148 ^b	115 ^c	80 ^d	< 0.01
N-urinario total, g/d		260 ^a	207 ^b	188 ^c	150 ^d	< 0.01
N-fecal, g/d		250	246	259	237	0.20
N total en estiércol, g/d		510 ^a	453 ^b	447 ^b	387 ^c	< 0.01
Balance calculado de N, ³ g/d		28	25	14	-7	0.01

^{a-d} Medias de cuadrados mínimos con superíndices diferentes son diferentes ($P < 0.05$).

¹SE = error estándar de la diferencia de las medias de cuadrados mínimos.

² Probabilidad de un efecto significativo de la dieta.

³ Balance de nitrógeno calculado asumiendo que la proteína en leche contiene 6.38% de N.

Resumen

Las vacas lecheras utilizan la PC de la dieta con una mayor eficiencia en comparación con otros rumiantes, pero aún así excretan de 2 a 3 veces más N en el estiércol que en la leche. Esto incrementa los costos de producción de la leche además de la contaminación ambiental por N. Optimizar la formación de proteína microbiana en el rumen es la manera más eficaz para mejorar el estatus proteico de la vaca en lactación. Solamente una porción de la RDP de la dieta puede ser substituida por NPN porque la RDP en forma de péptidos y AA estimula la formación de proteína en los microbios ruminales. El amoníaco se utiliza mejor con dietas altas en NFC. La reducción del tamaño de partícula del grano y el procesado térmico de

los granos incrementa la digestión ruminal del almidón e incrementa la formación de proteína microbiana, siempre y cuando el PH ruminal no sea reducido. Los modelos de formulación de raciones ayudan a predecir la manera en que los cambios de la dieta afectan la producción de leche. La PC de la dieta que no se utiliza para producción se pierde principalmente en la orina, forma más contaminante del N excretado. Los experimentos reversibles para evaluar dietas típicas demostraron que no hay una mayor producción de leche, FCM o proteína con más de 16.5% de PC en la dieta. En una de esas evaluaciones se encontró que al alimentar con 15.6% de PC más la adición de RUP proveniente de harina de soya no igualó la producción lograda con 16.6% de PC. Sin embargo, un segundo estudio demostró que las vacas que fueron alimentadas con el 15.8% de CP más RPM rindieron en producción de leche, grasa y proteína, igual que las vacas que fueron alimentadas con el 17.1% de PC sin RPM. Hay diferencias substanciales en la eficacia de diversas fuentes de RUP para las vacas en lactancia debido a las diferencias en el perfil de los AA. En investigaciones futuras, puede ser necesario encontrar incluso maneras de alimentar niveles de PC en la dieta más bajos debido a presiones encaminadas a reducir la excreción de N.

Referencias

- Argyle, J. L. and R. L. Baldwin. 1989. Effects of amino acids and peptides on rumen microbial yields. *J. Dairy Sci.*, 72: 2017-2027.
- Armentano, L. E., S. J. Bertics, and G. A. Ducharme. 1997. Response of lactating cows to methionine or methionine plus lysine added to high protein diets based on alfalfa and heated soybeans. *J. Dairy Sci.* 80:1194-1199.
- Brito, A. F., and G. A. Broderick. 2006. Effect of varying dietary ratios of alfalfa silage to corn silage on production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3924-3938.
- Brito, A. F., and G. A. Broderick. 2007. Effects of different protein supplements on milk production and nutrient utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:1816-1827.
- Broderick, G. A. 1992. Relative value of fish meal versus solvent soybean meal for lactating dairy cows fed alfalfa silage as sole forage. *J. Dairy Sci.* 75:174-183.
- Broderick, G. A. 1994. Quantifying forage protein quality. In G. C. Fahey, Jr., M. D. Collins, D. R. Mertens and L. E. Moser (ed.) *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. American Soc. Agron., Madison, WI, pp. 200-228.
- Broderick, G. A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:1370-1381.
- Broderick, G. A., D. B. Ricker, and L. S. Driver. 1990. Expeller soybean meal and corn by products versus solvent soybean meal for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:453-462.
- Broderick, G. A., M. J. Stevenson, R. A. Patton, N. E. Lobos, and J. J. Olmos Colmenero.



2005. Supplementing rumen-protected methionine to reduce dietary crude protein in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88(Suppl. 1):89 (Abstract).
- Broderick, G. A., M. J. Stevenson, and R. A. Patton. 2006. Effect of dietary crude protein, rumen-undergraded protein and rumen-protected methionine on milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89(Suppl. 1):402 (Abstract).
- Bundy, L. G., and S. J. Sturgul. 2001. A phosphorus budget for Wisconsin cropland. *J. Soil Water Conserv.* 56:243-249.
- Bryant, M. P., and I. M. Robinson. 1962. Some nutritional characteristics of predominant culturable ruminal bacteria. *J. Bacteriol.* 84:605-614.
- Charbonneau, E., P. Y. Chouinard, G. Allard, H. Lapierre, and D. Pellerin. 2006. Milk from forage as affected by carbohydrate source and degradability with alfalfa silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 89:283-gro293.
- Dhiman, T. R., and L. D. Satter. 1997. Yield response of dairy cows fed different proportions of alfalfa silage and corn silage. *J. Dairy Sci.* 80:2069-2082.
- Ekinci, C., and G. A. Broderick. 1997. Effect of processing high moisture corn on ruminal fermentation and milk production. *J. Dairy Sci.* 80:3298-3307.
- Faldet, M. A., and L. D. Satter. 1991. Feeding heat-treated full fat soybeans to cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 74:3047-3054.
- Herrera-Saldana, R., R. Gomez-Alarcon, M. Torabi, and J. T. Huber. 1990. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. *J. Dairy Sci.* 73:142-148.
- Hristov, A. and G. A. Broderick. 1994. In vitro determination of ruminal protein degradability using [15N]-ammonia to correct for microbial nitrogen uptake. *J. Anim. Sci.* 72: 1344-1353.
- Kang-Meznarich, J. H., and G. A. Broderick. 1980. Effects of incremental urea supplementation on ruminal ammonia concentration and bacterial protein formation. *J. Anim. Sci.* 51:422-431.
- Kröber, T. F., D. R. Külling, H. Menzi, F. Sutter, and M. Kreuzer. 2000. Quantitative Effects of Feed Protein Reduction and Methionine on Nitrogen Use by Cows and Nitrogen Emission from Slurry. *J. Dairy Sci.* 83:2941-2951.
- Külling, D. R., H. Menzi, T. F. Kröber, A. Nefte, F. Sutter, P. Lischer, and M. Kreuzer. 2001. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from different types of dairy manure during storage as affected by dietary protein content. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 137:235-250.
- Loosli, J. K., H. H. Williams, W. E. Thomas, F. H. Ferris, and L. A. Maynard. 1949. Synthesis of amino acids in the rumen. *Science* 110:144-145.
- Lapierre, H., and G. E. Lobley. 2001. Nitrogen recycling in the ruminant: A review. *J. Dairy Sci.* 84(E. Suppl.):E223-E236.
- Maeng, W. J., and R. L. Baldwin. 1976. Factors influencing rumen microbial growth rates and yields: Effect of amino acid additions to a purified diet with nitrogen from urea. *J. Dairy Sci.* 59:648-655.
- Mehrez, A. Z., E. R. Ørskov, and I. McDonald. 1977. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Brit. J. Nutr.* 38:437-443.
- Misselbrook, T. M., J. M. Powell, G. A. Broderick, and J. H. Grabber. 2005. Dietary Manipulation in Dairy Cattle: Laboratory Experiments to Assess the Influence on Ammonia Emissions. *J. Dairy Sci.* 88:1765-1777.
- National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- National Research Council. 2003. Air emissions from animal feeding operations. Current knowledge, future needs. The National Academic Press. Washington DC. pp 263.
- Odle, J., and D. M. Schaefer. 1987. Influence of rumen ammonia concentration on the rumen degradation rates of barley and maize. *Brit. J. Nutr.* 57:127-138.
- Olmos Colmenero, J. J., and G. A. Broderick. 2006a. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:1704-1712.
- Olmos Colmenero, J. J., and G. A. Broderick. 2006b. Effect of amount and ruminal degradability of soybean meal protein on performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:1635-1643.
- Oltjen, R. R. 1969. Effects of feeding ruminants non-protein nitrogen as the only nitrogen source. *J. Anim. Sci.* 28:673-682.
- Owens, F. N., R. A. Zinn, and Y. K. Kim. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.* 63:1634-1648.
- Remond, D., J. I. Cabrera-Estrada, M. Champion, B. Chauveau, R. Coudure, and C. Poncet. 2004. Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:1389-1399.
- Rulquin, H., B. Graulet, L. Delaby, and J. C. Robert. 2006. Effect of different forms of methionine on lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:4387-4394.
- Sannes, R. A., M. A. Messman, and D. B. Vagnoni. 2002. Form of rumen-degradable carbohydrate and nitrogen on microbial protein synthesis and protein efficiency of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85:900-908.



USO DE SEMEN SEXADO EN GANADO LECHERO EN MÉXICO

De La Torre S. F.¹, Hernández V. R.¹, Reynoso C. O.^{1,2}, y Padilla R. F. J.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – SAGARPA
²Centro Universitario de Los Altos – U. de G.

El desarrollo de vaquillas Holstein para reemplazo es una estrategia importante para soportar un esquema que garantice el mejoramiento genético de los hatos lecheros en forma sostenible y económicamente rentable. En los últimos años, en las principales cuencas lecheras de México se ha presentado un déficit importante de vaquillas de reemplazo debido, entre otras cosas, a que el programa de erradicación de brucela y tuberculosis ha detectado en algunos ranchos vacas rectoras positivas a dichas enfermedades, las cuales tienen que ser enviadas al rastro; además de que se cuenta con deficientes sistemas de crianza de becerras.

Asimismo, los productores que tradicionalmente recurrían a las importaciones de vaquillas para completar sus necesidades de reemplazos de países como Canadá y Estados Unidos, no han podido hacerlo al detectarse en esos países la enfermedad denominada Encefalopatía Espongiforme Bovina (enfermedad de las vacas locas) y cerrarse las fronteras por las autoridades sanitarias de nuestro País. Lo anterior ocasionará en el corto plazo una baja importante en la producción de leche en las principales cuencas lecheras del país, al no contar con suficientes reemplazos para sostener y aumentar la producción láctea y poder suministrar la cantidad de leche que se requiere. Asimismo, el problema se agrava por la corta vida útil de los vientres, que son desechadas al cumplir en promedio 2.5 partos, lo cual impacta fuertemente en las explotaciones al necesitarse un alto número de vaquillas de reposición, lo que obliga a la compra de vaquillas.

En el período de los años de 1999 a 2003 se observó en México una creciente tendencia a la importación de vaquillas Holstein de reemplazo para cubrir su déficit, importando en promedio 15 mil hembras anuales lo que representó una salida de divisas superior a los dos millones de dólares. Para julio del presente año ya se habían importado alrededor de 40000 vaquillas con el impacto respectivo.

Uno de los factores limitantes que influyen en el número de vaquillas disponibles para ser criadas en una explotación lechera como prospectos a vientres de reemplazo es el hecho de tasa de parición en función al sexo de cría, ya que en general se observa que la mitad de las crías nacidas (50%) son machos. Para el productor lechero, el nacimiento de un macho se considera por lo general una pérdida, excepto por contados casos en los que el macho nacido es un prospecto para semental. Generalmente los becerros son vendidos al nacimiento a un precio muy bajo, para ser sacrificados.

Satter, L. D., and L. L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Brit. J. Nutr.* 32:199-208.

Schaefer, D. M., C. L. Davis, and M. P. Bryant. 1980. Ammonia saturation constants for predominant species of rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 63:1248-1263.

Schwab, C. G. 1996. Rumen-protected amino acids for dairy cattle: Progress towards determining lysine and methionine requirements. *Anim. Feed Sci. Tech.* 59:87-101.

Shaver, R. and R. Kaiser. 2004. Feeding Programs in High Producing Dairy Herds. Publication available at: <http://www.wisc.edu/dysci/uwex/nutritn/pubs/pubs.htm>.

Virtanen, A. I. 1966. Milk production of cows on protein-free feed. *Science* 153:1603-14.

Valadares Filho, S. C., G. A. Broderick, R.F.D. Valadares, and M. K. Clayton. 2000. Effect of Replacing Alfalfa Silage with High Moisture Corn on Nutrient Utilization and Milk Production. *J. Dairy Sci.* 83: 106-114.

Van Horn, H. H., G. L. Newton, R. A. Norstedt, G. Kidder, E. C. French, D. A. Graetz, and C. F. Chambliss. 1996. Dairy manure management: Strategies for recycling nutrients to recover fertilizer value and avoid environmental pollution. *Circ. 1016 (revised)* Florida Coop. Ext. Serv., Gainesville, FL.

Wattiaux, M. A., and K. L. Karg. 2004. Protein level for alfalfa and corn silage-based diets: II. Nitrogen balance and manure characteristics. *J. Dairy Sci.* 87:3492-3502.

Wu, Z., and L. D. Satter. 2000. Milk production during the complete lactation of dairy cows fed diets containing different amounts of protein. *J Dairy Sci.* 83:1042-1051.



Entre los intentos que se han hecho para modificar la relación hembra:macho a favor de más hembras que machos nacidos, se puede mencionar el uso de la tecnología de sexado de embriones y las técnicas de separación de espermatozoides conteniendo el cromosoma "Y" y el cromosoma "X" en su DNA. Aunque puede hacerse con relativa facilidad, el sexado de embriones es una alternativa no accesible para la mayoría de los productores, pues implica la producción de los embriones (superovulación, recuperación de embriones), biopsia, sexado, congelación y transferencia, lo cual eleva considerablemente el costo por preñez.

En la segunda alternativa, más viable aunque requiere de equipo costoso para realizar el sexado del semen, el producto final es una pajilla de semen congelado que se aplica a nivel de campo con procedimientos estándares de inseminación artificial, con los que la mayoría de los productores lecheros están familiarizados.

La separación del semen con base en el cromosoma sexual ha sido intentada por muchos años, y fue hasta finales del siglo XX que usando técnicas de citometría de flujo, que se pudo determinar la diferencia en cantidad de DNA entre el espermatozoide "X" y el "Y" en diferentes especies, siendo el DNA del espermatozoide "X" un 3.9% más voluminoso que el DNA del espermatozoide "Y" en el toro.

Este procedimiento tiene el inconveniente de que no se puede sexar un volumen muy grande de semen en corto tiempo. Es por ello que se han hecho pruebas de campo para determinar el mínimo número posible de espermatozoides por dosis de semen, determinándose que se pueden obtener buenos resultados usando de 1.5 a 3 millones de espermatozoides móviles al descongelar, por cada dosis de semen. Si esta dosis es aplicada en el cuerpo del útero de vaquillas, usando técnicas de inseminación artificial (IA) convencionales, pueden obtenerse resultados de preñez que van de 43 a 56%. Este procedimiento se ha validado usando semen de diferentes toros, todos ellos con fertilidad probada y bajo diferentes condiciones de explotaciones comerciales. Actualmente no existe información sobre el uso de esta técnica en las explotaciones lecheras en el país, sin embargo a continuación se presentan algunos datos de un proyecto que actualmente se lleva a cabo en el estado de Jalisco bajo condiciones de explotaciones comerciales y con resultados prometedores.

En un total de 450 servicios comparando semen sexado y no sexado se han obtenido porcentajes de fertilidad de 50 y 52% respectivamente. En el caso de semen sexado el porcentaje de hembras:machos fue más del 95%. Estos resultados muestran que es factible la utilización de esta tecnología para incrementar rápidamente la proporción de hembras en una población determinada para contribuir a resolver el problema de escasez de vaquillas de reemplazo en establos lecheros.

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN GRANJAS LECHERAS DE LOS ALTOS DE JALISCO

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¹, J.J. Olmos Colmenero², J. R. Blazek¹ y M. E. Castellanos²

¹Departamento de Ciencias Lecheras, Universidad de Wisconsin, Madison, USA.
²Centro Universitario de Los Altos – U. de G.

Introducción

En cualquier país, el futuro de la industria lechera depende de la percepción que el consumidor tiene de la leche. En un mundo cada vez más urbanizado, la imagen que tiene un consumidor de la industria lechera puede ser buena o mala. Por un lado se puede pensar de la leche como una fuente natural y sana de nutrientes que contribuye a la salud humana y como una herramienta contra la pobreza rural. Por otro lado, se puede pensar de la leche como un producto que se produce en sistemas que explotan los animales y dañan mucho los recursos naturales.

Por las características biológicas de las vacas, cada vez que un consumidor toma un vaso de leche (250 ml), la vaca que produjo esta cantidad de leche también produjo 0.75 kg de estiércol. Al consumidor no le preocupa el destino del estiércol, sin embargo, al productor sí, debido a que el manejarlo es parte de su trabajo cotidiano. En un hato de 100 vacas en lactancia que produce 20 kg de leche por día, la cantidad de estiércol excretado por día es de 5500-6000 kg. ¿Que hacen los productores con el estiércol de su hato lechero? ¿Cual es el valor del estiércol como fertilizante para los cultivos? ¿Como se puede mejorar la eficiencia de producción incrementando las utilidades mientras se disminuye el riesgo de la contaminación del ambiente? Estas son algunas de las preguntas que vamos a discutir en esta presentación.

Puntos principales

De los resultados de una encuesta aplicada a 36 productores lecheros de la región de los Altos se concluye que:

- Hay un desbalance considerable entre el tamaño de los hatos (cantidad de nitrógeno y fósforo excretado en el estiércol) y la disponibilidad de hectáreas de cultivos para reciclar estos nutrientes. Aunque el número de vacas lecheras por cada hectárea de cultivo que permite el reciclaje de nutriente es de 1.5, el promedio encontrado en este estudio fue de 8.1.
- La concentración de fósforo en las raciones de las vacas lecheras fue en promedio 0.56%, o sea, 1.5 veces más alto que lo recomendado (0.38% de la materia seca de la ración).



- En cuanto al nitrógeno, 24 de los 36 establos del estudio producen más nitrógeno en el estiércol del hato comparado con la cantidad que requieren para sus cultivos. Similarmente, 24 de los 36 establos producen un exceso de fósforo con relación a su necesidad para los cultivos.
- La valorización del nitrógeno y fósforo del estiércol en los planes de fertilización de los cultivos podría reducir considerablemente el impacto ambiental.
- En promedio, los productores ofrecen 9.2 kg/vaca/día de concentrados (con base en materia seca). Esta cantidad de concentrado parece estar más cerca de maximizar la producción de leche en lugar de maximizar la utilidad por la producción de leche.
- Alternativas como la de comprar forrajes (heno de alfalfa, etc.) de buena calidad de regiones aledañas a Los Altos de Jalisco podría ser muy ventajoso económicamente y desde el punto de vista ambiental.

¿Por qué preocuparse del estiércol?

Tanto al nivel de una granja como al nivel de un municipio, de un estado o de un país, una excesiva concentración animal sin suficientes tierras de cultivos a sus alrededores para reciclar nutrientes del estiércol y producir alimentos puede resultar en un desbalance que inevitablemente incrementará el riesgo de contaminación del aire y del agua.

Un estudio reciente (FAO, 2002) muestra que la cantidad producida de nutrientes [nitrógeno (N) y fósforo (P)] en el estiércol de la ganadería es mucho mayor que la cantidad requerida por las hectáreas de cultivo de 15 municipios de la región de Los Altos de Jalisco. Como ejemplo, dentro del municipio de Tepatitlán, las actividades pecuarias producen 3.18 y 6.15 veces más N y P de lo que se requiere para los cultivos. El Cuadro 1 presenta la población pecuaria en los 15 municipios de la región de Los Altos de Jalisco incluidos en el estudio de la FAO.

A pesar de que hay un número mucho mayor de aves y cerdos que de bovinos, los bovinos contribuyen más a la producción de nitrógeno y fósforo porque la producción de estiércol es proporcional al peso vivo y a la ingestión (y digestibilidad) de los alimentos. Una vaca lechera no solamente pesa más que un bovino de carne, sino que también produce a un nivel más intensivo, lo que conlleva a que produzca más estiércol que un bovino de carne.

Cuadro 1: Población pecuaria en 15 municipios de Los Altos de Jalisco incluidos en el estudio de la FAO (2002).

Municipio	Bovinos		Porcinos	Ovinos	Caprinos	Aves	
	Carne	Leche				Carne	Huevo
Acatic	7,635	7,471	63,599	902	533	1,499,535	1,124,813
Arandas	28,609	27,995	37,904	554	8,038	37,145	912,011
Atotonilco	11,880	10,187	99,256	0	4,784	1,411,952	20,129
Ayotlán	18,791	16,099	126,341	1,014	467	5,009	9,867
Degollado	14,364	12,301	91,319	127	2,777	74,138	6,446
Jesús María	12,530	12,262	11,663	559	214	8,075	12,160
Juanacatlán	7,212	6,189	3,478	127	4,179	20,037	14,603
La Barca	14,801	12,656	21,602	406	24,539	552,024	1,181,537
Ocotlán	10,118	8,665	900	203	2,132	109,870	4,868
Poncitlán	9,215	7,891	368	165	1,145	123,565	8,288
Tepatitlán	77,653	75,965	168,201	0	5,634	91,248	12,001,021
Tototlán	11,714	10,045	43,818	203	2,745	381,374	6,578
Jamay	16,707	16,349	8,292	554	852	63,793	115,521
Zapotlán	13,551	11,604	859	165	3,209	8,683	789
Zapotlanejo	28,243	29,047	162,571	21,913	98,055	1,612,489	1,158,204
Total	283,023	264,726	840,171	26,892	159,303	5,998,937	16,576,835

Algunas estadísticas nacionales proveen información sobre la contaminación de los recursos naturales. Así, datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 1999) indican que las actividades pecuarias contribuyen con el ochenta por ciento de la emisión nacional de amoníaco (1,300 millones de kilos en 1999). El estado de Jalisco ocupa la primera posición, muy probablemente por su gran población pecuaria. **Por lo tanto, nuestro objetivo en este trabajo fue hacer un análisis crítico de las condiciones y prácticas de manejo de los hatos lecheros en la región de Los Altos de Jalisco para determinar las oportunidades para disminuir las pérdidas de nitrógeno y fósforo en el ambiente e incrementar las utilidades en las explotaciones de vacas lecheras.**

¿Cuál es la situación del flujo del nitrógeno y fósforo en las granjas lecheras de la región?

Durante el verano de 2007 nos dimos a la tarea de aplicar una encuesta a 6 productores de leche de cada una de 6 cooperativas de consumo agropecuario (haciendo un total de 36 productores encuestados) localizadas en seis de los municipios pertenecientes a los Altos de Jalisco: Acatic, Valle de Guadalupe, Jalostotitlán, San Miguel el Alto, San Julián y San Juan de los Lagos. Una vez recabada la información, para el análisis de los datos dividimos las explotaciones en tres grupos:

- El grupo 1 incluyó 9 granjas que no tenían tierras de cultivo;



- El grupo 2 incluyó a 16 granjas que tenían entre 2 y 14 hectáreas de tierras de cultivo (7.8 hectáreas en promedio);
- El grupo 3 incluyó a 11 granjas que tenían más de 25 hectáreas de cultivo (55.5 hectáreas en promedio).

El promedio de vacas en las explotaciones de los grupos 1, 2 y 3, fue de 62, 70 y 191, respectivamente. El número de vacas por hectárea de cultivo fue de "ninguna", 10 y 5 para los grupos 1, 2 y 3, respectivamente.

En el estado de Wisconsin, EUA, utilizando un modelo matemático de simulación (N-CyCLE, ciclo de nutrientes entre cultivos, ganado y ambiente; Wattiaux y Pellerin, 2007) se estima que el número óptimo de vacas lecheras por hectárea para hacer un reciclaje eficiente de nutrientes es de 1.0 a 1.5. Esto es debido a que los costos de producción de cultivos, las compras de alimentos y el manejo del estiércol son más bajos cuando hay 1.0 vaca por hectárea de cultivo. Al incrementar el número de vacas por hectárea a más de 1.5, el estiércol ya no puede reciclarse en los cultivos (sin exceso de aplicación de nutrientes por hectárea). Por lo tanto, si se considera que en los Altos de Jalisco se produce poca alfalfa (que no requiere nitrógeno) y una gran superficie del terreno es utilizada para el cultivo de maíz, es probable que en 1.0 hectárea de cultivo de maíz pueda reciclarse el nitrógeno de más de 1.5 vacas. Sin embargo, el modelo N-CyCLE ha demostrado que cuando el número de vacas por hectárea es mayor a 1.5 se tiene un mayor costo de producción porque el productor depende más de fuentes externas de alimentos.

Producción y Manejo del Estiércol en Granjas Lecheras

Cantidad y Composición

La producción de estiércol de una vaca lechera está asociada con su peso vivo y su nivel de producción de leche. En promedio, por cada incremento de 100 kg del peso vivo la producción de estiércol se incrementa en 3.7 kg y por cada incremento de 10 kg de producción de leche se producen 9.5 kg más de estiércol, según predicciones recientes (ASAE 2005; Nennich et al., 2005). Sin embargo, en realidad lo que influye la producción de estiércol es la cantidad y composición de la ración que la vaca come (relación causa-efecto). El NRC (NRC, 2001) tiene ecuaciones para predecir la cantidad de alimento que las vacas necesitan en función de su nivel de producción. Con estas ecuaciones podemos predecir que las vacas de un hato con un promedio de leche diaria de 20 kg, comen 14.9 kg de materia seca por día y producen 53.5 kg de estiércol. Anualmente, las vacas en estos hatos producen 5,000 kg de leche, comen 10,000 kg de alimentos (con base en materia fresca; o 5,000 kg con base en materia seca) y excretan casi 20,000 kg de estiércol (peso fresco de heces y orina). Es importante señalar que estos valores fueron calculados con base en el número total de vacas en el hato incluyendo las vacas en lactancia y las vacas secas (suponiendo un intervalo entre partos de 14 meses).

Hay dos importantes consecuencias, entre otras, al aumentar la producción de leche por vaca por día. La primera es la disminución en la producción de estiércol por unidad de producción de leche y la segunda es el aumento en producción de leche por unidad de alimento ingerido. Estas dos consecuencias son buenos argumentos para destacar el hecho de que las vacas más productivas son más buenas para el productor por la mayor conversión alimenticia y por la imagen de la industria frente a la sociedad (menos estiércol por unidad de leche disponible para el consumidor).

Aunque la producción de estiércol de un grupo específico de animales dentro de un hato puede predecirse con buena precisión, la cantidad y la composición del estiércol que el productor debe manejar (almacenar y distribuir en las tierras de cultivo) es difícil de predecir. Hay una gran diferencia entre la cantidad y composición del estiércol producido por el animal y la cantidad y composición del "producto" que se lleva a los campos de cultivo. La producción y la composición del estiércol de un hato es muy variable debido a:

- **Los sistemas de alimentación** y en particular la digestibilidad de los ingredientes. Alimentos muy digestibles como los concentrados resultan en una menor producción de estiércol. De la misma manera, el ensilaje de maíz resulta en una menor producción de estiércol en comparación al ensilaje (o heno) de alfalfa;
- **Los sistemas de estabulación.** El modo de colección y almacenamiento del estiércol que puede resultar en un producto sólido (estiércol más material de camas o tierra) o como un producto semi-líquido o líquido (estiércol más el agua del lavado, etc.).

Nutrientes Totales vs Nutrientes Disponibles para los Cultivos

Además de la problemática para medir la cantidad y la composición del estiércol existe la problemática para conocer las cantidades de nutrientes que pueden aprovecharse por las plantas después de la aplicación del estiércol a los campos de cultivo. No todo el nitrógeno y fósforo del estiércol está disponible para las plantas. En realidad la gran mayoría — más o menos el 75% — del nitrógeno se pierde en el aire como amoníaco durante el almacenamiento o al momento de la aplicación en el campo y en el agua como nitratos por lixiviación si no es utilizado por las plantas. En el caso del fósforo, aproximadamente un 26% de lo que se produce por los animales no se recicla por las plantas, y va a contribuir a incrementar la concentración del fósforo en los suelos y el riesgo de pérdidas por erosión y escurrimiento cuando llueve.

Aunque a continuación vamos a mencionar cantidades y proporciones de nitrógeno y fósforo que fluyen a través de un sistema lechero, es importante tomar en cuenta que son valores que se aplican principalmente para las condiciones predominantes en Wisconsin, Estados Unidos. Factores como: la alimentación de los animales, el tipo de estabulación, sistema de colección y almacenamiento de estiércol, modo de aplicación del estiércol al terreno de cultivo, tipo de suelo y clima



(temperatura y precipitaciones) influyen enormemente en el "destino" de los nutrientes.

Nitrógeno. Con una vaca de buena producción (9,000 kg de leche por año), el flujo y eficiencia de utilización del nitrógeno es como sigue: cantidad de nitrógeno consumida: 186 kg (100%), nitrógeno en estiércol: 141 kg (76%), nitrógeno aplicado al campo: 113 kg (61%), nitrógeno en el suelo (si no se incorpora el estiércol): 86 kg (46%), nitrógeno disponible — que será aprovechado — por las plantas en un año: 34 kg (18%). Antes de ser aplicado el estiércol al campo, se estima que más de 27-28 kg del nitrógeno, es decir, 15% del nitrógeno consumido por la vaca, se pierde como amoníaco durante la fase de colección y almacenamiento. Otro 15% se pierde como amoníaco al momento de la aplicación mecánica por dispersión si no se incorpora en el suelo. Una vez que el nitrógeno está en el suelo, la forma inorgánica del nitrógeno (amoníaco o nitratos) puede ser utilizado por las plantas; sin embargo, la mayoría del nitrógeno se incorpora a la materia orgánica del suelo (en forma de nitrógeno bacteriano). Por lo tanto, las bacterias del suelo compiten con las plantas por el nitrógeno disponible, aunque el nitrógeno en las bacterias actúa como una reserva de largo plazo. En función de la temperatura y el nivel de humedad del suelo, este nitrógeno orgánico puede mineralizarse (es decir, convertirse en nitratos) y entonces estar disponible para las plantas.

Fósforo. En comparación con el nitrógeno, el flujo de fósforo a través del sistema animal — suelo — vegetal, es más sencillo. El flujo y eficiencia de utilización por una vaca que produce aproximadamente 9,000 kg de leche por año es como sigue: cantidad de fósforo consumida: 21.9 kg (100%), fósforo en estiércol: 12.8 kg (58%), fósforo aplicado al campo: 12.8 kg (58%), fósforo en el suelo: 12.8 kg (58%), fósforo disponible — que será aprovechado — por las plantas al año: 7.7 kg (35%). Una vez en el suelo, el fósforo puede estar en forma soluble o adsorbido a las partículas de arcilla. Las pérdidas del fósforo soluble son a través del agua de escurrimiento y las pérdidas del fósforo adsorbido son por erosión (aunque los procesos de escurrimiento y erosión ocurren después de las lluvias que saturan la capacidad de retención de agua de los suelos, son dos fenómenos distintos).

En resumen. Manejar el nitrógeno y el fósforo del estiércol es un gran desafío debido al desconocimiento de las cantidades y composición del estiércol producido por el hato, por el desconocimiento y la variabilidad asociada con las cantidades aplicadas (equipo inadecuado y no calibrado) y por disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento de los cultivos. En cierta manera, no es sorprendente que en general los productores no hagan un manejo especial del estiércol de su hato. Una encuesta aplicada a porcicultores en el estudio de la FAO (2002) indica que la mayoría de ellos no hace un manejo adecuado del estiércol que generan sus cerdos.

Relación entre la Alimentación, el Estiércol y la Fertilización de los Cultivos en Granjas Lecheras de Los Altos de Jalisco

Con base en una descripción verbal detallada de la estructura del hato (numero de vacas, etc.), del nivel de producción de leche diaria y de la alimentación de las vacas en lactancia con información general de la composición de los concentrados, fue posible estimar el nivel de materia seca ingerida y la composición de las raciones de las vacas de los 36 productores de nuestro estudio. Además, la encuesta incluyó preguntas sobre la superficie y el tipo de cultivos con que contaba la granja. Con la información específica de cada granja e información general de las recomendaciones de fertilización del nitrógeno y fósforo para los cultivos de la región, fue posible estimar el flujo de estos nutrientes a través de los animales, del estiércol y de los cultivos. Nuestros objetivos incluyeron:

- Conocer los niveles de proteína cruda y fósforo en las raciones de las vacas lecheras;
- Cuantificar la producción de nitrógeno y fósforo en el estiércol (calculado como la diferencia entre lo que se consume y lo que se libera en la leche);
- Determinar el potencial de utilización del nitrógeno del estiércol como fertilizante para los cultivos de la granja;
- Estimar el valor económico del nitrógeno y fósforo como fertilizante de cultivos (con base en el precio comercial de dichos nutrientes);
- Determinar el potencial de disminución de compras de fertilizantes comerciales si los nutrientes del estiércol se contabilizan en un plan de fertilización de los cultivos.

A continuación se presentan los puntos más importantes de los resultados de nuestro estudio para cada uno de los grupos de productores como se definieron anteriormente.

Nitrógeno

Es importante señalar que el nivel de ingestión de materia seca por vaca por día, según la descripción de los productores (13.2 kg/día), es menor que las cantidades de consumo estimadas por el modelo NRC (16.3 kg/día) de acuerdo al nivel de producción de leche de las vacas. Esta diferencia nos hace suponer que las vacas obtienen algunos kilogramos más de materia seca por día de los pastos/agostaderos. Sin embargo esta explicación no es adecuada para el grupo 1 ya que estos animales no tenían acceso ni a cultivos ni a pastos/agostaderos en la granja.

El promedio de proteína cruda en las raciones fue de 15.8% (con base en la materia seca) y la conversión del nitrógeno de los alimentos en nitrógeno de leche fue de 26%. Estos valores son adecuados; sin embargo, se ha demostrado que es posible obtener eficiencias de 30% o más en algunas granjas lecheras. En promedio, de los 121 kg de nitrógeno que consumían las vacas, 28 kg se encontraban en la leche y 92 kg en el estiércol. Es interesante notar que el porcentaje de nitrógeno comprado en relación al nitrógeno que consumen las vacas disminuye al disminuir el número de vacas por hectárea.



Haciendo la suposición de que el 30% del nitrógeno total que se aplica en el terreno es aprovechado por el cultivo de maíz el mismo año que se aplica el estiércol, y considerando las cantidades de nitrógeno que se requieren para fertilizar las hectáreas en cada granja, calculamos el potencial de utilización del nitrógeno como fertilizante en cada una de las granjas del estudio. El análisis de los datos indica que en las granjas del grupo 1 (sin terreno para cultivos), todos los nutrientes que se descargan en el estiércol están (obviamente) en exceso debido a que estas granjas no cuentan con terreno para distribuir dicho estiércol. Para el grupo 2 (10 vacas por cada hectárea de cultivo), el exceso de nitrógeno fue de 82%. Para el grupo 3 (5 vacas por cada hectárea de cultivo) no hubo exceso de nitrógeno; por el contrario se estimó una deficiencia del 48%, esto quiere decir que en realidad el estiércol del hato lechero puede cubrir el 52% de los requerimientos de nitrógeno para los cultivos. Es importante hacer notar que en 9 de las 11 granjas de este grupo 3 hubo una cantidad insuficiente de nitrógeno en el estiércol para cubrir los requerimientos de nitrógeno para los cultivos; solo en una granja (que contaba con 25 hectáreas y 590 vacas) hubo un exceso importante de nitrógeno para los cultivos.

Considerando que el precio comercial de la urea es de \$4,800 pesos por tonelada y que el contenido de nitrógeno en la urea es de 46%, el precio real de 1 kg de nitrógeno es de \$10.4 pesos. Por lo tanto, el valor del nitrógeno descargado en el estiércol de las vacas del grupo 1, 2 y 3, durante un año, fue de \$17,300, \$20,500 y \$49,100 pesos, respectivamente. Los productores del grupo 1 no pueden aprovechar este valor del nitrógeno en el estiércol porque no tienen tierra en donde utilizarlo. Sin embargo, los productores del grupo 2 y 3 pueden aprovechar el 55 y 100 %, respectivamente, del valor del nitrógeno en el estiércol si lo contabilizan en su plan de fertilización de los cultivos (suponiendo que hacen una colección total del estiércol producido por el hato). Siguiendo este razonamiento, la reducción en la compra de urea para fertilizar los cultivos sería del 92% y 48% para los productores del grupo 2 y 3, respectivamente.

Fósforo

La recomendación actual de la concentración de fósforo en la ración de una vaca lechera en producción es de 0.33-0.38 % de la materia seca. Esta recomendación fue analizada recientemente con los resultados de muchos trabajos de investigación realizados en Europa y en Estado Unidos. Estos resultados indican claramente que no existe beneficio alguno en la producción de leche o en la reproducción de los animales con una concentración de fósforo en las raciones mayor a la recomendada. Con los resultados de nuestra encuesta estimamos una concentración promedio de 0.56% de fósforo en la materia seca de las raciones. Esto representa un exceso del 48%, o sea que se está alimentando 1.5 veces lo recomendado. Debido al exceso de fósforo en la dieta, solamente el 24% del fósforo de los alimentos se encontró en la leche. Es importante hacer notar que alimentando con la cantidad adecuada de fósforo en la dieta el porcentaje de este elemento que se encuentra en la leche puede llegar a ser mayor al 40%.

En la región Altos de Jalisco, de los 27 kg de fósforo que consumen las vacas en promedio, 6 kg se encontraban en la leche y 21 kg en el estiércol. La cantidad de fósforo importado a la granja en forma de alimento disminuye con la disminución del número de vacas por hectárea.

Haciendo la suposición de que el 70% del fósforo total que se aplica en el terreno es aprovechado por el cultivo de maíz y tomando en cuenta las cantidades de fósforo que se requieren para fertilizar las hectáreas en cada granja, hemos calculado el potencial de utilización del fósforo como fertilizante en cada una de las granjas del estudio. El análisis de los datos indica que en las granjas del grupo 1 (sin terreno para cultivos), todo el fósforo que se descarga en el estiércol es (obviamente) un exceso debido a que estas granjas no cuentan con terreno para distribuir dicho estiércol. Para el grupo 2 (10 vacas por cada hectárea de cultivo), el exceso de fósforo fue de 154%. Para el grupo 3 (5 vacas por cada hectárea de cultivo) hubo un exceso del 12%. De los 36 productores encuestados solamente doce (9 del grupo 3 y 3 del grupo 2) tenían un hato lechero que no producía suficiente fósforo en el estiércol para cubrir los requerimientos de sus cultivos.

Considerando que el precio comercial del superfosfato triple es de \$5,575 pesos por tonelada y que el contenido de fósforo es de 46%, el precio real de 1 kg de fósforo es de \$12.1 pesos. Por lo tanto, el valor del fósforo en el estiércol generado por las vacas de los grupos 1, 2 y 3 durante un año fue de \$10,000, \$14,100 y \$30,000 pesos, respectivamente. Los productores del grupo 1 no pueden aprovechar este valor del fósforo contenido en el estiércol porque no tienen tierra en donde utilizarlo. Sin embargo, los productores del grupo 2 y 3 pueden aprovechar el 46 y 100 %, respectivamente, del valor del fósforo contenido en el estiércol si lo contabilizan en su plan de fertilización de los cultivos (suponiendo que hacen una colección total del estiércol producido por el hato). Siguiendo este razonamiento, la reducción en la compra de superfosfato triple para fertilizar los cultivos sería del 93% y 52% para los productores del grupo 2 y 3, respectivamente.

Resumen: El Valor del Nitrógeno y Fósforo del Estiércol como Sustituto de Fertilizantes Comerciales.

La estimación del costo de la fertilización con base en productos comerciales (urea y súper fosfato triple) fue de \$0, \$17,900 y \$125,800 pesos para los productores de los grupos 1, 2, y 3, respectivamente. Al integrar el valor del nitrógeno y fósforo en un plan de fertilización de los cultivos se podrían reducir los costos de fertilización en un 92% y 49% para productores del grupo 2 y 3, respectivamente.

Máximo Biológico vs Óptimo Económico: ¿Cuántos Kilogramos de Concentrado?

Los resultados de nuestra encuesta indican que la cantidad promedio de concentrado que consumen las vacas en producción es de 9.2 kg por día, variando de 6.3 kg en las granjas del 1^{er} cuartil (granjas ordenadas de menor a mayor de



acuerdo al consumo de concentrado por vaca por día) hasta 11.9 kg en las granjas del 4º cuartil (las que utilizan las cantidades más grandes de concentrados).

Tanto en la producción de cultivos como de animales, en general se observa que la respuesta biológica (rendimiento vegetal o animal) disminuye por cada unidad de incremento en el consumo de nutrimentos, en particular del nitrógeno. Los economistas dicen que hay una diferencia entre la cantidad de entrada que maximiza la respuesta biológica (máximo biológico) y la que maximiza la utilidad (óptimo económico). Aunque el máximo biológico se determina por experimentación con cantidades incrementales de entrada, el óptimo económico depende del precio del producto que se vende, el precio de los insumos y de la forma de la curva de respuesta.

Afortunadamente, en la literatura científica se ha publicado la curva de respuesta de producción de leche en función del porcentaje de forraje y concentrado presente en la ración de vacas lecheras de primer parto y de dos partos o más (Tessman et al., 1991). Con base en estas curvas de respuesta, al considerar el concentrado con un precio de \$2.75 pesos por kilogramo y la leche con un precio de \$4.00 pesos por litro, se puede calcular la cantidad de concentrado que maximiza la utilidad.

Nuestros cálculos indican que una vaca lechera de segundo parto o más, aunque su máximo biológico puede lograrse con un consumo de 11 kg (o más) de materia seca de concentrado por día, el óptimo económico (esto es, ganancia máxima) ocurre con un nivel de concentrado en la ración de 7 kg (con base en materia seca) por vaca y por día. Por lo tanto, al aumentar el precio del concentrado o al disminuir el precio de la leche se altera la cantidad óptima de concentrado necesaria para lograr el óptimo económico. Todos estos cálculos suponen que el productor maneja su hato, y en particular la nutrición de sus vacas, muy eficientemente. Una pérdida de respuesta por cualquier razón (e.g., enfermedades) va a tener un impacto negativo en la cantidad óptima de concentrado. Contrariamente a los cambios de precio del concentrado y de la leche que dependen de las condiciones del mercado, el manejo del hato está en las manos de los productores. Un buen manejo de los nutrimentos del establo es una garantía para obtener una buena utilidad, esto es una "vacuna" contra los efectos negativos que pueden causar las fluctuaciones de los precios del mercado.

Referencias

- ASAE. 2005. Manure Production and Characteristics. Publication ASAE D384.2 MAR2005.
- FAO. 2002. Integración por Zonas de la Ganadería y de la Agricultura Especializadas (AWI): opciones para el manejo de efluentes de granjas porcícolas de la zona Centro de México. Reporte de la iniciativa de la ganadería, el medio ambiente y el desarrollo (LEAD). Disponible en: <http://www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6372S/x6372s05.htm#bm05>.

INIFAP, 2002. Resultados y avances de investigación 2002. Publicación No 1. Tepatitlán, Jalisco. Octubre del 2002. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Flores-López H. E., J. A. Ruiz C., R. A. Martínez P, D. R. González E. y L. Nava V. 2003. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el estado de Jalisco, Distrito de desarrollo rural núm. 066 Lagos de Moreno. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Altos de Jalisco. Folleto Técnico Núm. 2. Tepatitlán, Jalisco, México.

Nennich, T. D., Harrison, J. H., VanWieringen, L. M., Meyer, D., Heinrichs, A. J., Weiss, W. P., St-Pierre, N. R., Kincaid, R. L., Davidson, D. L. and Block, E. 2005. Prediction of Manure and Nutrient Excretion from Dairy Cattle. *J. Dairy Science* 88: 3721-3733.

Tessmann, N. J., H. D. Radloff, J. Kleinman, T. R. Dhiman, and L. D. Satter. 1991. Milk Production response to Dietary Forage:Grain Ratio. *J. Dairy Science* 74:2696-2707.

Wattiaux, M. A. and D. Pellerin. 2007. N-CyCLE (Nutrient Cycling, Livestock Crops and Environment). Available at <http://dairynutrient.wisc.edu/N-CyCLE/>.



SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE CULTIVOS FORRAJEROS Y PASTOS EN LOS ALTOS DE JALISCO

Alfonso Peña Ramos¹, José Ángel Martínez Sifuentes², Fernando González Castañeda¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - SAGARPA

²Centro Universitario de Los Altos - U. de G.

Introducción

La región Altos de Jalisco se encuentra situada al noreste del estado de Jalisco, con altitud entre 1800 y 2200 msnm. El clima es templado subhúmedo en la parte sur de los Altos, cálido subhúmedo en la parte central, y seco a semiseco en la parte norte (INEGI, 2007). La temperatura media y la precipitación anual son de 19 °C y 900 mm, respectivamente en la zona sur y disminuyen hasta 16 °C y 430 mm respectivamente en la zona norte.

El estado de Jalisco es el principal productor de leche en el país con un millón 712 mil toneladas de leche anuales. Los Altos de Jalisco aportan el 58 % de leche del estado y representa el 10 % de la producción nacional (SIAP, 2007). La producción de leche hasta hace algunos años se basaba principalmente en sistemas de producción familiar, con hatos pequeños de 20 vacas en producción promedio, bajas producciones de leche y mano de obra familiar. En la actualidad se ha cambiado hacia sistemas semi-tecnificados con hatos ganaderos más grandes, más organizados y con mejor tecnología de producción.

La alimentación del ganado en la región Altos de Jalisco depende principalmente del maíz de temporal y de los pastos con crecimiento espontáneo en los agostaderos, y en menor medida del maíz de riego, alfalfa y praderas cultivadas. Otros cultivos con menor importancia son sorgo, avena y cebada. El maíz representa el 72.9 % de la superficie con cultivos forrajeros de temporal y el 58.9 % de riego (Cuadro 1) (SIAP, 2007).

El maíz era por excelencia cultivado para producción de grano y se utilizaba el rastrojo en la alimentación animal. Conforme fueron mejorando los sistemas de producción de bovinos para leche y carne, en la década de 1990 empezó a tomar importancia el uso de maíz para forraje seco molido con grano o ensilado. En los últimos años la cosecha del maíz para silo ha incrementado de manera importante debido a que el forraje se conserva con mayor calidad durante todo el año, su cosecha se realiza mecánicamente y se reducen el uso de mano de obra y los costos de producción.

Cuadro 1. Superficie sembrada y rendimiento de cultivos forrajeros en los Altos de Jalisco en 2006.

CULTIVO	TEMPORAL			RIEGO		
	Sup Semb (ha)	Rend t/ha	% del Total	Sup Semb (ha)	Rend t/ha	% del Total
MAÍZ FORR	61,686	21.7	72.9	14271	45.1	58.9
AVENA FORR	2,479	10.1	2.9	2554	15.9	10.5
SORGO FORR	2,624	19.3	3.1	1750	23.8	7.2
PASTOS	17,793	22.4	21.0			0.0
ALFALFA				5658	67.1	23.3
TOTAL	84,582			24,233		

Fuente: SIAP, 2007.

Otra fuente de alimentación del ganado bovino en Los Altos de Jalisco son los agostaderos que ocupan áreas de vegetación natural de pastizales y matorrales, donde anteriormente hubo áreas de bosque. En la actualidad, se ha promovido el interés por el establecimiento de praderas con especies introducidas de la familia de las gramíneas, en áreas de riego y de temporal. La importancia de las praderas y pastizales se manifiesta de varias maneras: la superficie que ocupan, la cantidad de ganado que soportan, la captación de agua para cuerpos de agua superficiales y los mantos acuíferos subterráneos, el paisaje que brindan, y otros aspectos de tipo ecológico, social y económico.

En Los Altos de Jalisco, las principales investigaciones en cultivos forrajeros y pastizales han sido realizadas en los Campos Experimentales de Tepatitlán y Ojuelos, Jalisco dependientes del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales (INIFAP). Debido al desarrollo de la ganadería y al cambio tecnológico que lleva consigo, es necesario generar nuevos conocimientos para adecuar los sistemas de producción agropecuarios a las condiciones actuales y futuras, de acuerdo con el contexto nacional e Internacional.

Situación actual

Maíz forrajero

En el estado de Jalisco hay 179,535 Unidades de Producción Rural (UPR) agropecuaria, que ocupan una superficie aproximada de 4 millones 856 mil hectáreas. Esta superficie representa el 62.3 % de las 7'796,312 de hectáreas existentes en el estado. La superficie promedio de las UPR es de 27 hectáreas (INEGI, 2005).

El Estado de Jalisco ocupa el primer lugar en producción de maíz forrajero y en superficie con pastos perennes en México. En el Estado, destaca el Distrito de Desarrollo Rural 066 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), con sede en Lagos de Moreno y con área de influencia en 19 municipios de la región Altos de Jalisco. La superficie estatal

sembrada con maíz forrajero en 2006 fue de 104,928 hectáreas, de las cuales el 74.4 % correspondió a la región de Los Altos. En ese año, se sembraron 61,410 ha en áreas de temporal con maíz para forraje y 16,639 ha en áreas de riego (SIAP, 2007). La superficie sembrada con maíz forrajero en la región de Los Altos aumentó en más de 20 mil hectáreas a partir del año 2001 (Figura 1); sin embargo, la producción no ha mejorado sustancialmente y se ha mantenido entre 2 y 2.2 millones de toneladas anuales (Figura 2). La ocurrencia de sequías en los años 2005 y 2006 han propiciado incluso una disminución significativa de más de 500 mil toneladas de forraje respecto al promedio (Figura 2).

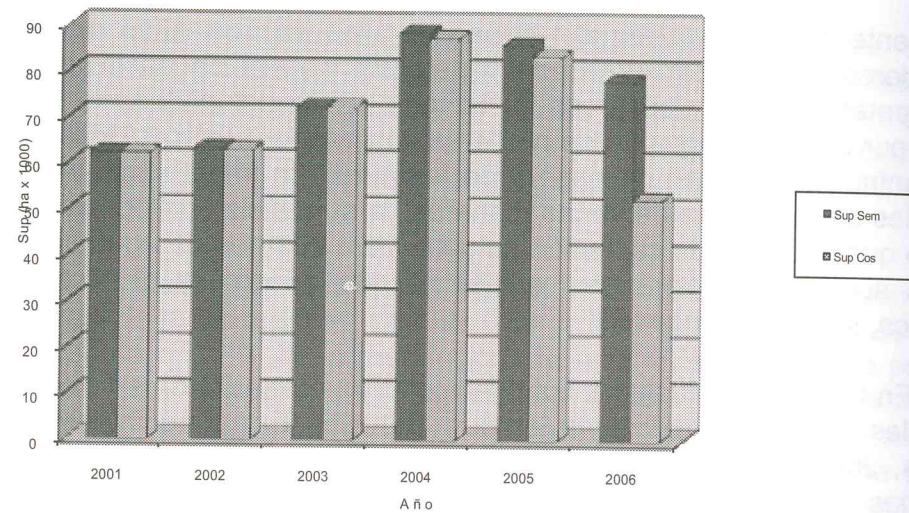


Figura 1. Superficie sembrada y cosechada de maíz para forraje en Los Altos de Jalisco.

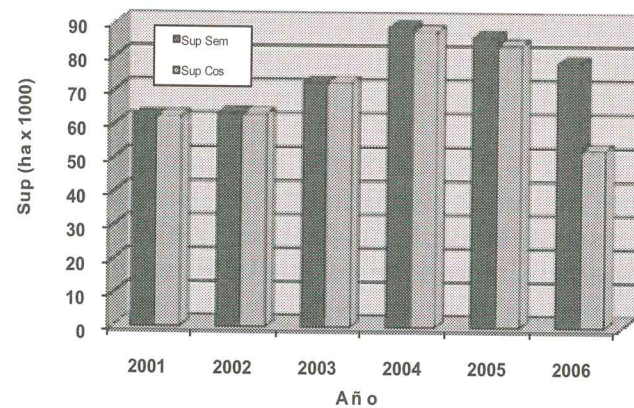


Figura 2. Tendencia de la producción de maíz para forraje en Los Altos de Jalisco.



Los municipios con mayor superficie sembrada con maíz para forraje de temporal son Encarnación de Díaz, San Juan de los Lagos, Teocaltiche, Lagos de Moreno y Tepatitlán con un 77 % del total (Figura 3). En riego, destaca el municipio de Lagos de Moreno y San Juan de los Lagos con 11 mil 650 ha sembradas, lo cual representa el 70 % del total (Figura 3). Los rendimientos de forraje de maíz de temporal en los principales municipios productores, fluctúa entre 16 y 21 t/ha; excepto en Tepatitlán donde se cosechan cerca de 35 t/ha (Figura 4), debido principalmente a las mayor cantidad de precipitación pluvial, que es superior en más de 200 mm a las otras localidades productoras. En riego, los mayores rendimientos de forraje se obtienen en Lagos de Moreno con producciones de 47 t/ha, en los otros municipios el rendimiento es de apenas 25 t/ha (Figura 4). En ambas condiciones de siembra los rendimientos de forraje de maíz son relativamente bajos; en parte debido a las pobres condiciones de lluvia que prevalecen principalmente en la región Altos Norte; pero también al uso de variedades de bajo potencial de producción, plagas y deficiencias en el manejo del cultivo.

Un aspecto importante en la alimentación del ganado lechero es producir forraje de buena calidad. Estudios realizados en Los Altos de Jalisco indican que la calidad del forraje de maíz se afecta de manera importante por las condiciones de sequía que ocurren regularmente en la región; se ha observado también que los productores cosechan el forraje en etapas tempranas de desarrollo, antes que se logre un adecuado desarrollo del grano, el cual es el principal componente energético de la planta; las densidades de población son por lo regular excesivas con la finalidad de obtener altas producciones; sin considerar que esto puede afectar la calidad.

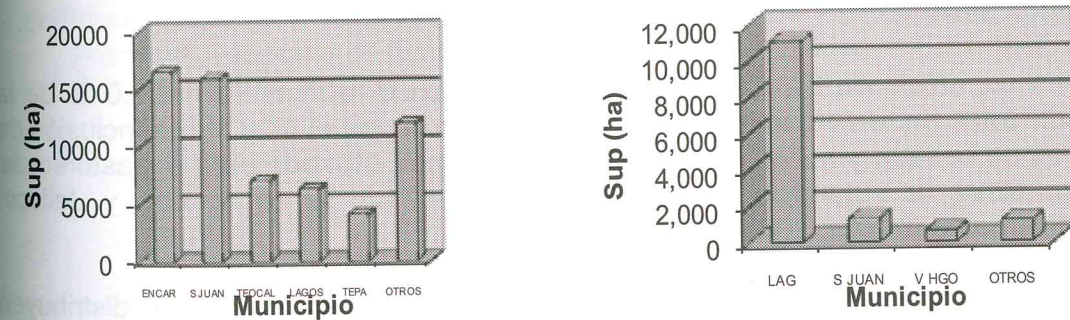


Figura 3. Superficie sembrada de maíz de temporal y de riego para forraje por municipio en Los Altos de Jalisco.

Para mejorar la producción y la calidad del forraje de maíz y lograr mayor eficiencia en la producción de leche en Los Altos de Jalisco se requiere investigar con nuevas variedades de maíz, evaluar el efecto ambiental en la producción y calidad del rastrojo y planta total, determinar densidades de población más adecuadas para las principales zonas agro ecológicas en base a probabilidades de

ocurrencia de lluvias, determinar la etapa de corte más adecuada cuando la producción de grano es reducida, etc. Resultados en temporal (datos no publicados) indican que es posible incrementar la producción de forraje de maíz en más del 50 %, pasar de 21 t/ha de forraje a más de 35 t/ha. En riego, las expectativas para mejorar producción y calidad son aún mayores.

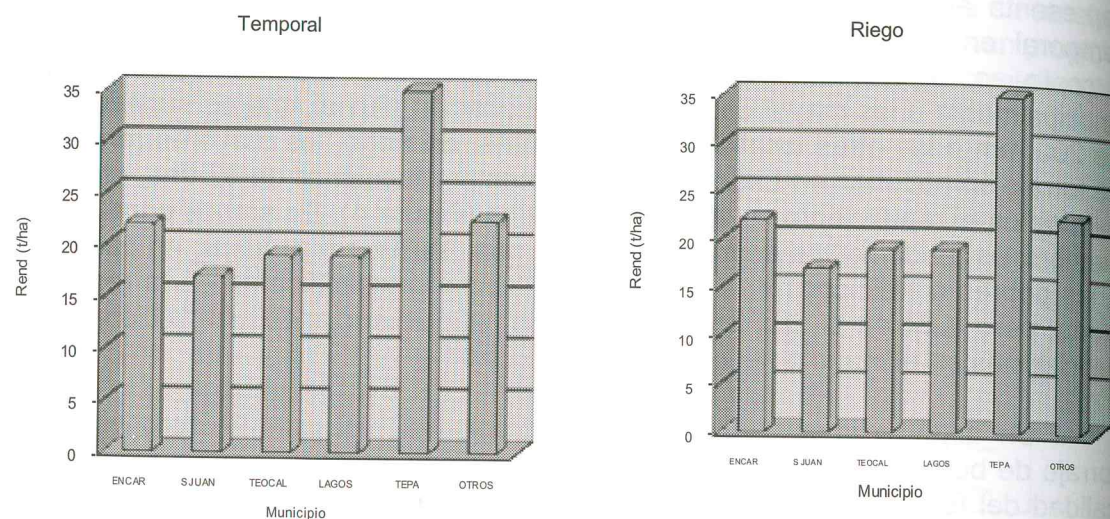


Figura 4. Rendimiento de forraje de maíz de temporal y de riego por municipio en Los Altos de Jalisco.

Pastizales nativos

La superficie de pastizales naturales en México representa el 58.0 % de la superficie total; en tanto que en el estado de Jalisco ocupa el 46.8 %. La inclusión de las áreas de bosque y selva, con vegetación herbácea utilizada para el pastoreo del ganado, eleva la superficie ganadera al 76.1 y 71.3 % en México y Jalisco, respectivamente (INEGI, 2005).

En la región Altos de Jalisco los pastizales naturales se distribuyen principalmente en el extremo noreste de la región, desde los municipios de Ojuelos y Lagos de Moreno hasta Yahualica, Valle de Guadalupe y una porción de Tepatitlán; en tanto que los pastizales inducidos se distribuyen principalmente en la parte sur de Los Altos, en áreas donde anteriormente hubo bosque de encino y pino, en los municipios de Tepatitlán, Arandas, Jesús María y Acatic. La superficie de pastizal utilizada por la ganadería en la región Altos de Jalisco es de aproximadamente un millón 69 mil hectáreas.

De manera general los pastizales se encuentran invadidos por especies arbustivas espinosas y plantas herbáceas anuales, debido al sobrepastoreo y se ha



ocasionado un incremento de la erosión del suelo y pérdida de productividad del pastizal, por el arrastre de la capa del suelo que contiene la materia orgánica y los elementos químicos necesarios para el crecimiento de las plantas.

Praderas cultivadas

Las praderas cultivadas ocuparon en 2006 una superficie de 16,365 hectáreas, de las cuales 11,225 fueron de temporal (SIAP, 2007); los municipios con mayor superficie sembrada fueron Tepatitlán, Yahualica, Arandas y Lagos de Moreno. Las especies utilizadas con mayor frecuencia son Zacate Rhodes, Estrella de África y Bermuda Cruza Uno. La superficie con praderas de riego fue de 2,992 hectáreas, sembradas en Lagos de Moreno, Teocaltiche, Encarnación de Díaz y Acatic, con los pastos ballico anual y ballico perenne.

La problemática que enfrentan los productores en el uso de praderas va desde el establecimiento de especies y variedades adecuadas a cada unidad de producción, manejo de praderas para disminuir costos de producción y reducción del impacto ambiental mediante prácticas adecuadas.

Bibliografía

- INEGI. 2005. Anuario estadístico del Estado de Jalisco, edición 2005. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, México.
- INEGI. 2007. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática Consulta en línea el 26 de noviembre de 2007, en: <http://www.inegi.gob.mx>.
- SIAP/SAGARPA. 2007. Anuario Estadístico 2006. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consulta en línea el 14 de agosto de 2007 en: <http://www.siap.gob.mx>

PRODUCCIÓN DE ENSILAJE DE MAÍZ DE ALTA CALIDAD PARA VACAS LECHERAS

Joe Lauer

Agrónomo Especialista en Maíz, Departamento de Agronomía, Universidad de Wisconsin-Madison

Cuando se produce maíz que se utilizará como ensilaje se deben tomar algunas decisiones diferentes con respecto a cuándo se cosecha para grano. Algunas de tales decisiones dependen de cuanta flexibilidad quiere tener el productor en la cosecha y otras deberán tomarse durante la primavera lo que, en consecuencia, obligará a cosechar el maíz para ensilaje en el otoño. Por ejemplo, altas poblaciones de plantas requerirán que el cultivo se coseche para ensilaje porque si se deja para grano se tendrá un mayor riesgo con la cosecha debido al potencial para acamarse que tienen estos cultivos (sembrados con alta densidad).

En Wisconsin relativamente pocos terrenos de cultivo plantados en la primavera son manejados para ensilar durante el otoño. En la mayoría de los años la decisión de cosechar un cultivo para grano o ensilaje se toma hasta el otoño. ¿Se deberán manejar los terrenos de cultivo de manera diferente si se planea cosecharlos para ensilaje en el otoño? ¿Esto provoca alguna diferencia económica?

La selección de híbridos para ensilaje debe basarse tanto en un alto rendimiento de grano como de ensilado, mientras que los híbridos que se cosechan para grano deben seleccionarse para rendimiento de grano. La decisión de sembrar un terreno con un híbrido para ensilaje, por ejemplo uno con mucho follaje o uno con bajo contenido de lignina (Brown Midrib), deberá tomarse sólo si se planea cosechar para ensilar. Usualmente los híbridos seleccionados para ensilaje tienen un potencial de rendimiento de grano entre 10 y 20 % por debajo de los híbridos para grano. Seleccionar híbridos para ensilaje que tengan potencial alto tanto para producir grano como para producir ensilaje le permite al productor tener algo de flexibilidad en el otoño cuando se toman la mayoría de las decisiones para cosechar el cultivo para ensilaje. La decisión de seleccionar el híbrido deberá hacerse con base en datos promedio de ambientes múltiples de tal forma que el híbrido demuestre que se comporta bien, de manera consistente, en ambientes diversos.

Los híbridos tardíos para ensilaje pueden tener ciclos entre 5 y 10 días más largos de lo que tendrían si se sembraran para grano, porque no es tan grande el interés en alcanzar la madurez fisiológica del grano como se tendría si se deseara cosechar grano. El mayor rendimiento potencial esperado con híbridos de ciclo largo con frecuencia los hace más atractivos a pesar del mayor riesgo a la cosecha. Esto significa que el rango de híbridos sembrados en un terreno debe ser mayor si se planea producir maíz tanto para grano como para ensilaje. Esto también ayudará a



minimizar el riesgo de problemas debidos al clima durante algunas etapas de crecimiento en particular (especialmente polinización/floración) y a mejorar la carga de trabajo durante la cosecha. Los productores deben sembrar el 50% de la superficie del terreno con híbridos de ciclo intermedio y 25% con híbridos de ciclo precoz (corto) y tardío.

Los híbridos seleccionados también deberán presentar buen vigor y resistencia a plagas. Esto permite flexibilidad en la cosecha tanto si es para grano como si es para ensilaje en el otoño. Los híbridos de maíz con poco vigor deben ser cosechados para ensilaje debido a que si se acaman no sería posible recogerlos con la cosechadora de maíz.

La evidencia reciente sugiere que los granos con textura más blanda son más digestibles y proveen una mayor cantidad de energía en el ensilaje. Esto puede manipularse mediante el uso de procesadoras de grano. El uso de procesadoras de grano permite extender la etapa de cosecha debido a que quiebran los granos que pudieran estar muy duros en híbridos típicos para grano.

Ciertos híbridos con características especiales pueden ser apropiados para cultivarse y cosecharse para ensilaje. La decisión de sembrar maíz especial para ensilarse disminuye la flexibilidad a la cosecha en el otoño debido al menor potencial de rendimiento. Los tallos de las plantas de las variedades de maíz con un bajo contenido de lignina (Brown midrib) tienen una mayor digestibilidad, lo que puede ser una ventaja en sistemas de producción de leche en los que la fibra digestible es limitante. Los híbridos con una alta proporción de follaje producen altas cantidades de forraje. Un ejemplo de híbridos especiales con los cuales no se sacrifica la flexibilidad son los Bt. Evidencia reciente obtenida en Iowa sugiere que la incidencia en el desarrollo de micotoxinas es más baja en híbridos Bt, los que típicamente también tienen altas producciones de grano.

La calidad de la planta (tallo y hojas) en híbridos para ensilaje debe incluir la característica de ser baja en FDN y tener alta digestibilidad. Estos atributos maximizan el consumo de alimento y el potencial energético del forraje. Estas características no son tan importantes en híbridos para grano.

La fecha óptima de siembra para cosechar grano es el 1º de mayo en la zona sur de Wisconsin y el 7 de mayo en el norte. Dado que con el maíz para ensilar no se tiene tanto interés en la madurez fisiológica del grano cuando llega el otoño, se puede utilizar una fecha de siembra un poco tardía sin efectos detrimentales. Sin embargo, fechas de siembra significativamente tardías afectan el rendimiento del ensilaje y su calidad potencial, así como también se afecta el rendimiento de grano. Las fechas de siembra en junio producen rendimientos de tan solo un tercio o la mitad de lo que se produce sembrando a principios de mayo.

En Wisconsin se observan con mayor frecuencia respuestas significativas al espaciamiento entre surcos en cultivos para grano que con cultivos para ensilaje. El

rendimiento de ensilaje se incrementa en promedio un 9 % sin cambios en la calidad, en tanto que el rendimiento de grano se incrementa en promedio el 4 %. Con los nuevos cabezales de las máquinas cosechadoras disponibles en la actualidad, la producción de ensilaje de maíz en surcos angostos no es difícil.

Las poblaciones óptimas para la producción de grano varían entre 28,000 y 32,000 plantas por acre (69,000 a 79,000 plantas por hectárea). Las poblaciones óptimas para la producción de ensilaje son similares, pero se ha observado que se incrementa el rendimiento al aumentar la densidad hasta 42,000 plantas por acre (104,000 plantas por hectárea). A mayores densidades ocurren cambios significativos en la calidad del forraje.

El ensilaje de maíz es un producto más valioso cuando es comercializado como carne o leche, y así el umbral económico para plagas es más bajo que en el maíz para grano. Se presenta una mayor remoción de nutrimentos con el ensilaje de maíz debido a que tanto el grano como la planta se retiran del terreno de cultivo.

Cosechar el maíz para ensilaje requiere de una mayor atención en los tiempos de cosecha. Una vez que el cultivo está listo para la cosecha, usualmente se requiere más equipo para cortar, transportar y almacenar el ensilaje de una manera segura. El mercado para comercializar el ensilaje generalmente es más local que el mercado para comercializar el grano. Debido al alto contenido de agua, usualmente no es económico transportar el ensilaje de maíz más de 160 kilómetros entre el lugar donde se cosecha y donde se almacena y utiliza para alimentar el ganado.



Cuadro 1. Resumen de las consideraciones de manejo y ajustes dependiendo del uso para grano o ensilaje.

Decisión	Grano	Ensilaje
	Alta producción de grano	Alta producción de grano y ensilaje
Selección del híbrido		
Potencial de rendimiento	Basado en el comportamiento promedio en ambientes múltiples y consistencia	
Ciclo completo	---	5-10 días más largo a madurez (RM)
Madurez	Rango de 8-10 días	Rango de 8-14 días
Vigor	Alto	Alto (permite flexibilidad)
Resistencia a plagas	Alto	Alto (permite flexibilidad)
Atributos de mazorca y grano	Duro	Blando
Atributos especiales	Bt, RR, LL	Bt, mucho follaje, BMR
Calidad de planta (tallo y hojas)	---	Bajo en FDN, alta digestibilidad
Manejo		
Fecha de siembra	1 al 7 de Mayo	1 al 15 de Mayo
Espacio entre surcos	38 a 76 cm	38 cm
Densidad de siembra	69,000 a 79,000 plantas/hectárea	69,000 a 104,000 plantas/hectárea
Manejo de plagas	Umbral económico más alto	Umbral económico más bajo
Requerimientos de fertilizantes	Altos	Mayor remoción de nutrimentos
Cosecha y almacenamiento	Costosos	Más costosos
Uso y comercialización	En la granja, mercado local y de exportación	En la granja o mercado local

Bt = Híbridos de maíz transgénico mejorados para la resistencia a enfermedades del tallo por inclusión de genes de *Bacillus thuringiensis*.

BMR = Híbridos con bajo contenido de lignina (nervadura central de la hoja color marrón).

RR (Roundup Ready) y LL (Liberty Link) = Tecnología transgénica para facilitar el control de plagas.

DENSIDAD DE SIEMBRA DEL MAÍZ Y SU EFECTO EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA COSECHA PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE

Gregorio Núñez Hernández, David G. Reta Sánchez, Alfonso Peña Ramos y Fernando González Castañeda

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - SAGARPA

En la producción de maíz forrajero, aumentar la densidad de plantas por hectárea permite incrementar el rendimiento de materia seca por hectárea, ya que se captura mayor cantidad de energía solar para fotosíntesis. Al aumentar la densidad de plantas por hectárea se incrementa el índice de área foliar, aunque se altera la distribución de luz dentro del dosel (Graybill *et al.* 1991). Se reportan índices de área foliar hasta de 6.0 para máxima producción de materia seca por hectárea.

La producción de materia seca por hectárea del maíz forrajero aumenta con la densidad de plantas de manera asintótica. Por otra parte, la producción de grano se relaciona de manera cuadrática con la densidad de plantas por hectárea (Karlen y Camp, 1985). La densidad de plantas óptima para producción de grano es menor que la densidad de plantas para producción de forraje. Al aumentar la densidad de plantas por hectárea la competencia entre plantas afecta la emergencia de estigmas, la polinización, la formación de número de granos e incrementa las mazorcas estériles. Por lo anterior, al aumentar la densidad de plantas el rendimiento de grano es afectado primero por el número de granos por mazorca, el número de granos por hilera, después el número de mazorcas por plantas, número de hileras por mazorca, mientras que el peso medio del grano tiende a mantenerse estable (Tetio-Kagho y Gardner, 1988). La importancia de estos efectos radica en el efecto que la proporción de grano tiene en la calidad nutricional del maíz forrajero.

Estos efectos se manifiestan en una reducción en el índice de cosecha o la proporción de grano en la materia seca total. Tetio-Kagho y Gardner (1988) indican que híbridos desarrollados recientemente son más tolerantes a aumentos en la densidad de plantas. Híbridos con hojas erectas pueden producir mayores rendimientos que híbridos con hojas extendidas, a la vez que se pueden sembrar en densidades de plantas más altas. Híbridos de maíz con menor altura de planta, también permiten aumentar la densidad de plantas sin afectar el contenido de grano en la materia seca total.

En relación a la calidad nutricional, Cusicani y Lauer (1999) indican una reducción en la digestibilidad *in vitro* del forraje al aumentar la densidad de plantas/ha. Esta observación está acompañada de un aumento en la concentración de fibra con la densidad de población de plantas.



Estudios realizados en la Región Norte-Centro de México indican que el aumento en la densidad de plantas por hectárea incrementó de manera lineal la producción de materia seca por hectárea en un híbrido de hojas erectas (HV-313). En contraste, no se observaron aumentos en la producción de materia seca por hectárea al incrementar la densidad de plantas en una variedad de hojas extendidas e inclusive, se observaron efectos negativos en el número de mazorcas por planta. En la Región Lagunera, la producción de forraje seco fue diferente ($P < 0.05$) para genotipos y densidades, así como la interacción de estos factores. Los genotipos 3002W y 3025W tuvieron una respuesta cuadrática alcanzando su máximo rendimiento de forraje seco a 115,000 plantas por hectárea, mientras que el genotipo Garst 8285 presentó una respuesta a una densidad de población mayor de 115,000 plantas por hectárea (Figura 1).

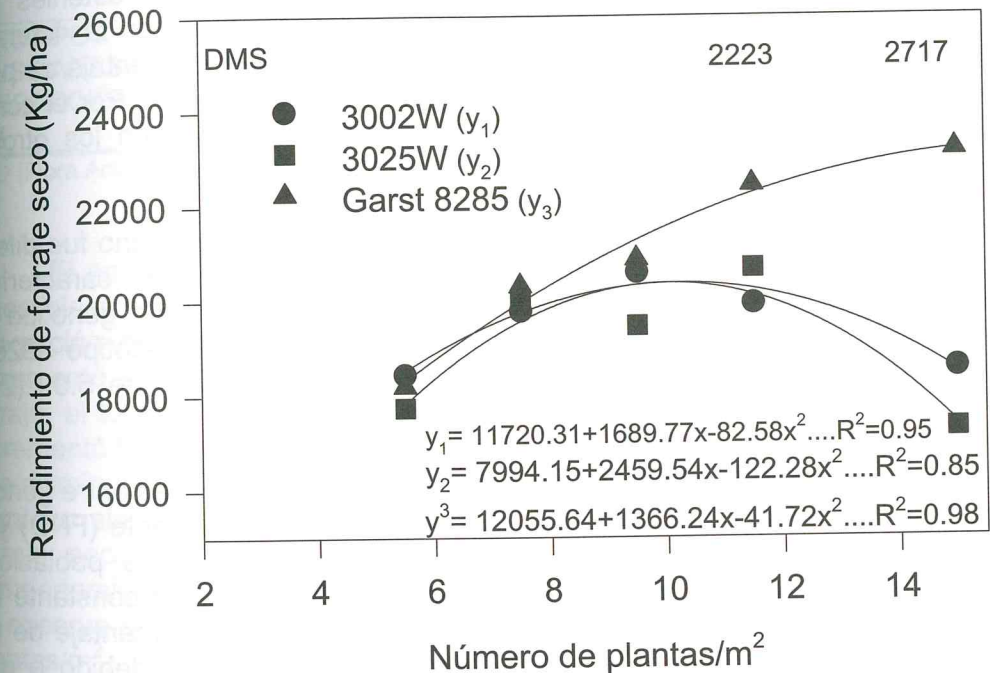


Figura 1. Rendimiento de forraje seco de tres híbridos de maíz en función de diferentes densidades de población.



En cuanto a la respuesta del rendimiento de grano a la densidad de población, éste se incrementó significativamente al aumentar la densidad de población de 55,000 a 75,000 plantas/ha, en el rango de 75,000 a 115,000 plantas/ha fue estadísticamente igual y se redujo a la mayor densidad. Cabe mencionar que el punto máximo se obtuvo a 115,000 plantas/ha con un rendimiento de 9,207 kg/ha. Por otra parte, el índice de cosecha solamente se redujo en la mayor densidad de población, siendo estadísticamente igual para el intervalo de 55,000 a 115,000 plantas/m².

El número de mazorcas/planta y granos/planta mostró diferencias significativas entre genotipos y densidades, así como en la interacción entre estos factores. Al incrementarse la densidad de población de 55,000 a 75,000 plantas/m², el número de mazorcas/planta disminuyó en el híbrido 3025W, manteniéndose estable hasta 115,000 plantas/m².

El análisis del porcentaje de plantas cuateras y plantas estériles indica diferencias significativas entre genotipos y densidades así como en la interacción entre estos factores. En los genotipos 3002W y Garst 8285, el porcentaje de plantas cuateras fue bajo en todas las densidades de población evaluadas. Por el contrario en el 3025W el porcentaje de plantas cuateras fue mayor que en los otros dos genotipos en bajas densidades (55,000 y 75,000 plantas/ha).

La relación entre el IAF y el rendimiento de forraje seco y grano fue diferente para los genotipos de maíz evaluados, de acuerdo a sus características agronómicas. El máximo rendimiento de forraje seco se obtuvo con el genotipo Garst 8285 (23,150 kg/ha) a su máximo IAF (5.63), mientras que el genotipo 3025W lo obtuvo con un IAF de 5.28 (20,673 kg/ha) y el 3002W a un IAF de 5.09 (20,589 kg/ha).

En relación a la calidad nutricional del forraje, hubo diferencias entre genotipos y densidades en fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y total de nutrientes digestibles (TND). Al incrementarse la densidad de población de plantas por hectárea, el total de nutrientes digestibles se mantuvo constante hasta una densidad de 115 mil plantas por hectárea, mientras que el porcentaje de fibras no se incrementó significativamente hasta esta misma densidad, debido a que el índice de cosecha se mantuvo constante hasta esa densidad de plantas por hectárea de manera similar a como lo indican estudios realizados por Karlen y Camp (1985) y Tetio – Khago y Gardner (1988a).

Cuadro 1. Calidad nutricional del forraje de tres híbridos de maíz en cinco densidades de población, en la Región Lagunera.

TRATAMIENTOS	FAD	FND	TND	Índice de cosecha
	-----%-----			
GENOTIPOS				
3002W	26.2 a	47.3 a	63.4 b	0.34 c
3025W	22.1 b	40.6 b	66.5 a	0.50 a
GARST 8285	21.0 a	39.3 b	67.1 a	0.46 b
DENSIDADES (número de plantas/m²)				
5.5	21.9 b	40.9 b	66.3 a	0.46 a
7.5	22.5 b	41.6 ab	66.0 ab	0.46 a
9.5	23.1 ab	42.0 ab	65.9 ab	0.46 a
11.5	22.8 ab	42.4 ab	65.7 ab	0.43 a
15.0	25.2 a	45.0 a	64.4 b	0.36 b
GENOTIPOS	**	**	**	**
DENSIDADES	**	*	*	**
INTERACCIÓN	NS	NS	NS	NS
C. V.	9.08 %	7.27 %	2.30 %	10.07 %

FAD (Fibra Acido Detergente), FND (Fibra Neutro Detergente), TND (Total de Nutrientes Digestibles).

El análisis estadístico del porcentaje de proteína cruda y total de nutrientes digestibles/ha indican diferencias significativas entre genotipos, densidades y la interacción entre estos factores. Debido a que el rendimiento de forraje seco se incrementó con el aumento de densidad de población, sin disminuir la calidad del forraje, el total de nutrientes digestibles/ha en los híbridos 3025W y Garst 8285, se incrementó hasta alcanzar el máximo en 11.5 plantas/m². Posteriormente se presentó una disminución a 15.0 plantas/m² en 3025W, mientras que en Garst 8285 el valor se mantuvo sin cambio, debido a la capacidad de mantener un alto rendimiento de forraje seco en la mayor densidad de población (Figura 2). Al comparar el comportamiento del TND/ha entre genotipos para una misma densidad de población, se observa que el híbrido Garst 8285 superó a 3002W en densidades de 11.5 y 15.0 plantas/m².

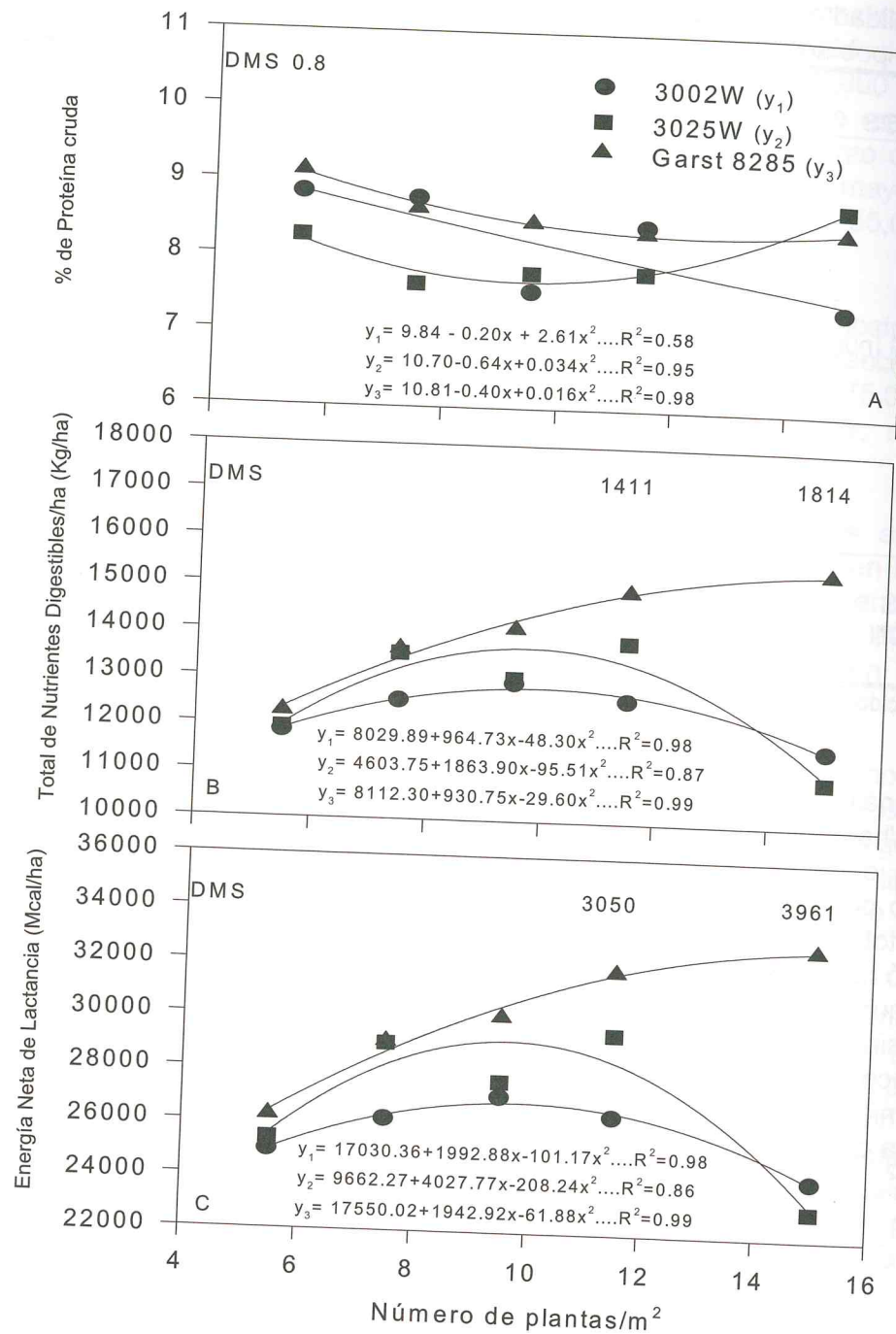


Figura 2. Porcentaje de proteína y producción de energía por hectárea de tres genotipos de maíz a diferentes densidades de plantas por hectárea.



En Aguascalientes, se observó una respuesta lineal positiva entre producción de materia seca y densidad de población (Figura 3). La producción de materia seca incrementó 2.25 t ha⁻¹ por cada 20 mil plantas/ha de incremento en la densidad de población. En el presente estudio, no se observó punto de inflexión; lo cual sugiere que es necesario evaluar densidades de población mayores. La densidad de población de plantas afectó también la digestibilidad *in vitro* del maíz. Conforme la densidad de población incrementó, la digestibilidad decreció linealmente en 0.8 % por cada 20 mil plantas ha⁻¹ de incremento en la densidad de población (Figura 3). En general, los resultados indican que los dos híbridos alcanzan su mayor producción de materia seca y de leche sembrados a 100 mil plantas ha⁻¹, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en la Región Lagunera donde se incrementó el rendimiento de materia seca por hectárea sin afectar la calidad nutricional del forraje a densidades de población de plantas de 115 mil plantas/ha.

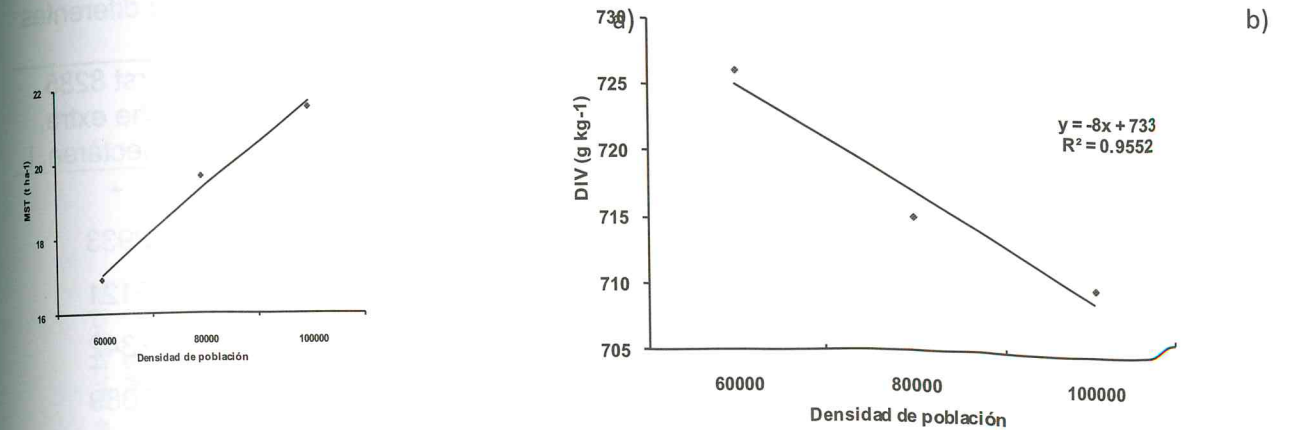


Figura 3. Producción de materia seca (MST) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca a diferentes densidades de plantas por hectárea en Aguascalientes.

La producción de leche por vaca se relaciona con la energía neta de los ensilados de maíz en las raciones; la cual, a su vez, está correlacionada con las fracciones fibrosas. La Figura 4 muestra las relaciones entre la energía neta de lactancia y las concentraciones de fibra ácido detergente y fibra neutro detergente. Aunque estas relaciones son empíricas, es común observarlas debido a que la fibra detergente neutro incluye los componentes de las paredes celulares con digestibilidad variable pero menor que los contenidos celulares, mientras que la fibra detergente ácido incluye los constituyentes menos digestibles de las paredes celulares. En el caso del ensilado de maíz estas concentraciones están influenciadas por el contenido de grano, observándose que los ensilados con más grano tienen concentraciones menores de estas fracciones de fibra.



En la Figura 5 se presenta la relación entre la producción diaria de leche y la energía neta de lactancia de vacas altas productoras alimentadas con raciones con 6 kg de materia seca de ensilado de maíz. Considerando los valores de energía neta de lactancia estimados para el forraje obtenido en el estudio de densidad de plantas, se observa que solo con la densidad de 150,000 plantas por hectárea se tiene una reducción importante en la producción de leche (alrededor de 0.750 l/día). Considerando la información de producción de energía neta de lactancia por hectárea en cada una de las densidades de plantas en los dos híbridos, se observa que con la energía neta de lactancia extra se obtiene mayor producción de leche por hectárea con una densidad de 115,000 plantas por hectárea en los dos híbridos en comparación a la información con una densidad de 55,000 plantas por hectárea utilizada como base de comparación; sin embargo, los incrementos fueron más notables con el híbrido de hojas semi-erectas Garst 8285.

Cuadro 5. Producción de leche por vaca y por hectárea con variedades a diferentes densidades de plantas por hectárea.

Densidad de plantas, miles/ha	Energía neta de lactancia, Mcal/kg de MS	Producción de leche por vaca, l/d	3002W Leche extra, por hectárea, l	Garst 8285 Leche extra, por hectárea, l
55,000	1.52	44.76	-	-
75,000	1.50	44.62	2085	2933
95,000	1.48	44.49	2787	5121
115,000	1.49	44.56	2837	7342
150,000	1.43	44.00	-2361	7089

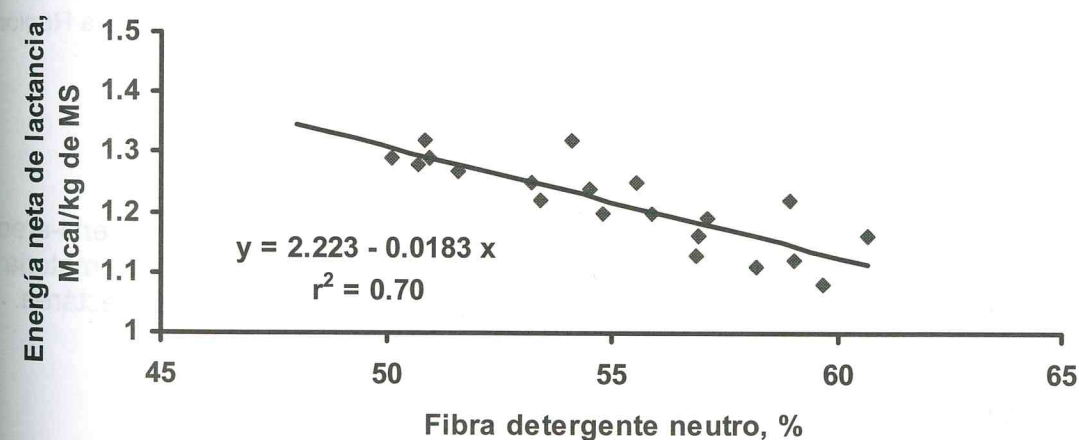
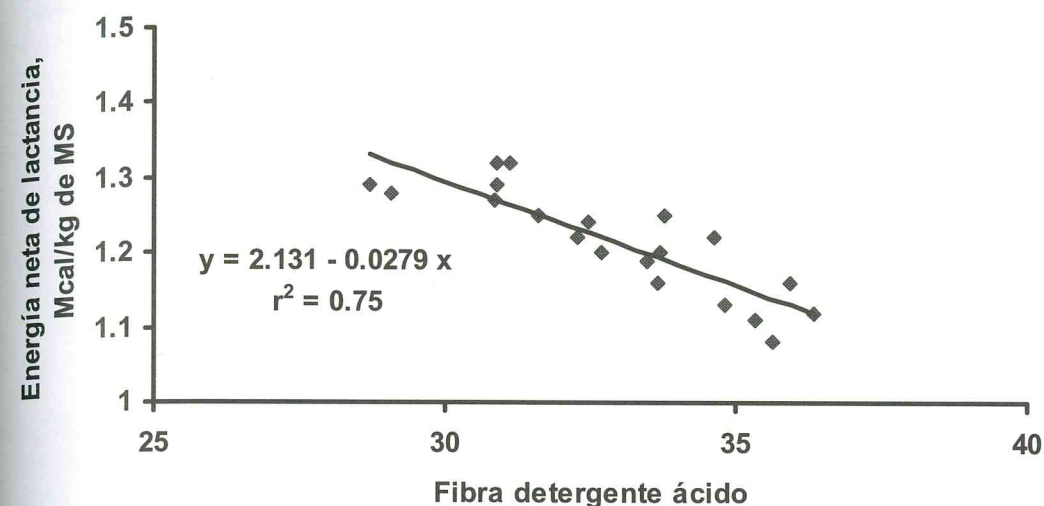


Figura 4. Relación entre las concentraciones de fibra y la energía neta de lactancia de ensilados de maíz en la Región Lagunera.



Tetio-kagho, F. and F. P. Gardner. 1998. Response of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. *Agron. J.* 80:935-940.

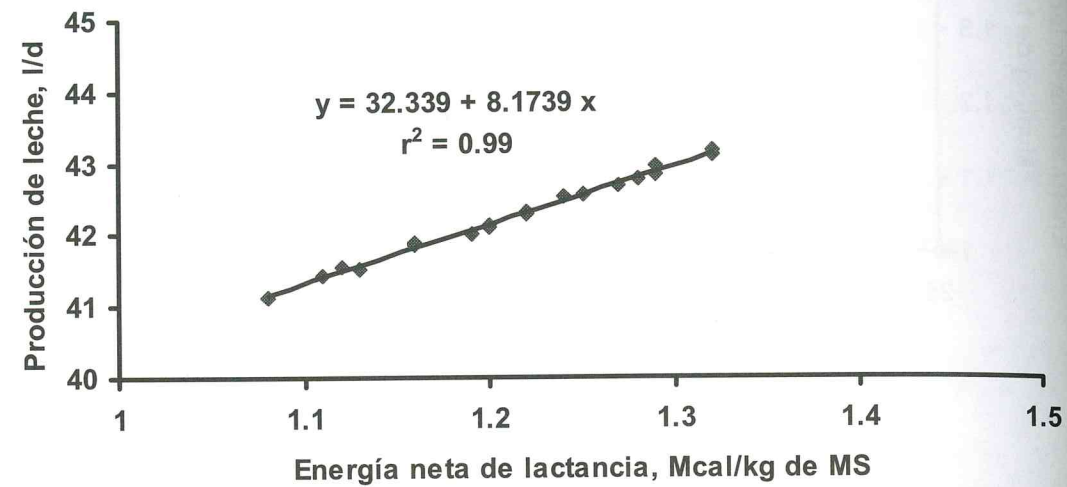


Figura 5. Relación entre la energía neta de lactancia y la producción de vacas altas productoras de leche alimentadas con raciones con ensilados de maíz en la Región Lagunera.

Conclusiones

Aumentar la densidad de plantas por hectárea con híbridos de hojas semi-erectas o erectas hasta 115,000 plantas/ha permite aumentar el rendimiento de materia seca por hectárea sin afectar significativamente la producción de leche por hectárea.

Literatura Citada

- Cusicanqui J A, J G Lauer (1999). Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal* 91:911-915.
- Graybill J S, W J Cox, D J Otis (1991). Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. *Agronomy Journal* 83:559-564.
- Karlen D L, C R Camp, J P Zublena (1985). Plant density, distribution, and fertilizer effects on yield and quality of irrigated corn silage. *Communication Soil Science Plant Anal* 16(1), 55-70.



ENSILAJE

Robert Berthiaume¹, Carole Lafrenière² y Gaston Raggio¹

¹Organic Dairy Research Centre, University of Guelph, Campus d'Alfred, Alfred, ON, Canada.
²Agriculture & Agri-Food Canada, Beef Research Farm, Rouyn-Noranda, Québec.

1. Introducción

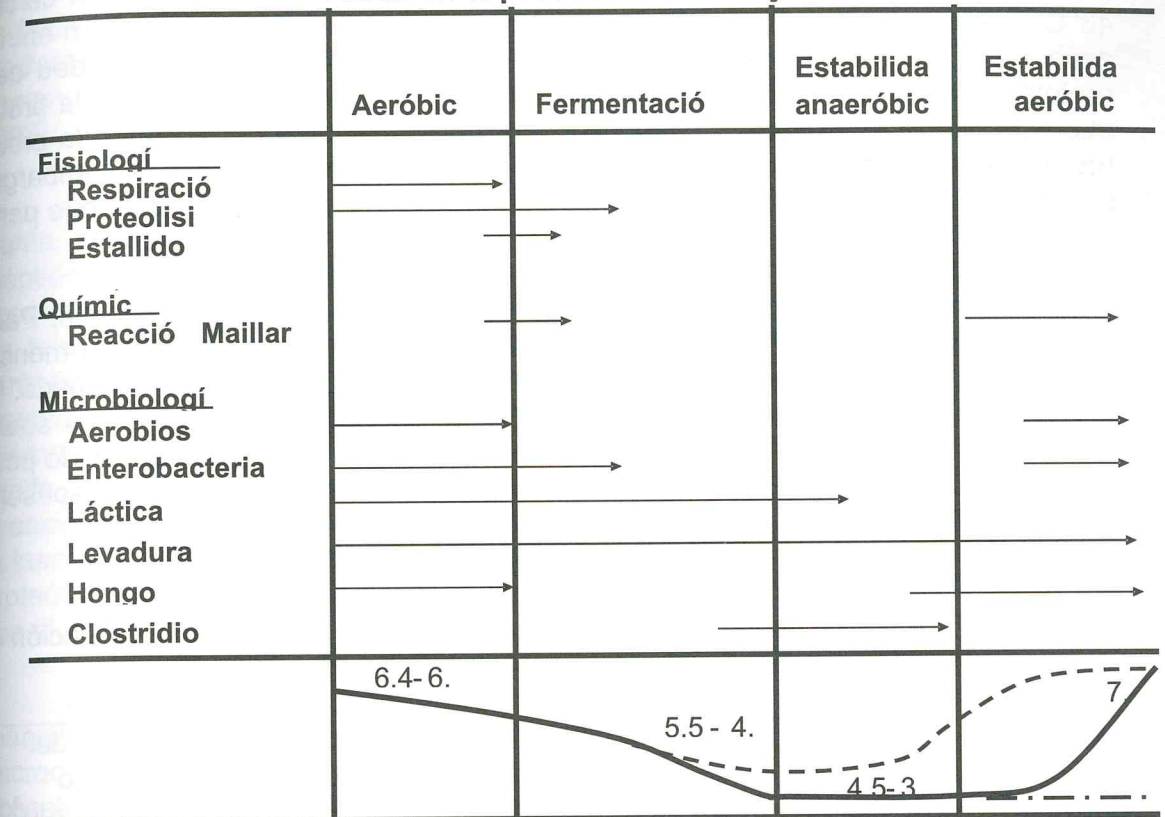
Los forrajes representan una porción importante en la alimentación de los rumiantes. Estos son utilizados durante el período invernal debiendo ser almacenados en forma de heno o de ensilaje. En ambos casos el objetivo es preservar lo máximo posible el valor nutritivo del forraje recolectado. En América del Norte la mayoría de los forrajes son conservados como ensilajes. Este modo de conservación es posible gracias a la acidificación producida por las bacterias lácticas presentes en los forrajes. Es posible hacer el ensilaje sin agentes de conservación, pero no siempre se tienen todas las condiciones favorables, de modo que la utilización de agentes de conservación puede algunas veces ser útil o necesaria.

Una buena técnica de cosecha y de llenado del silo, lo mismo que una buena producción del silo en el momento de la fermentación y en el momento de la alimentación, son factores extremadamente importantes para la conservación de los nutrimentos. Para poder aplicar las mejores estrategias hay que comprender los procesos bioquímicos y microbiológicos que ocurren después de la preparación del ensilaje hasta que el animal lo ingiera.

2. Ensilar

El proceso de ensilar, es decir la fermentación del forraje durante el ensilaje, implica cuatro etapas: 1) una fase aeróbica (en presencia de aire) caracterizada por la actividad de las enzimas de la planta y la proliferación de los microorganismos aeróbicos; 2) una fase de fermentación durante la cual el dominio de las bacterias lácticas permite inhibir y/o limitar el crecimiento de otros microorganismos; 3) una fase de estabilidad anaeróbica caracterizada por una actividad microbiana mínima si las condiciones de impermeabilidad son mantenidas; y 4) una fase de estabilidad aeróbica o alimentación que se produce a continuación de la apertura del silo y durante la cual el crecimiento de los microorganismos aerobios es posible de nuevo (Figura 1).

Fases en el proceso del ensilaje



Fuente: Muck y Pitt, 1993.

Figura 1. Fases y principales procesos observados durante el ensilaje. La parte baja de la figura representa la evolución del pH durante el ensilaje. La línea punteada (----) representa el ascenso de pH si hay desarrollo de las bacterias butíricas (*Clostridium*); la línea alternada (.-.-) representa un ensilaje estable en el momento de la apertura del silo mientras que la línea continua (___) indica un ensilaje con una falta de estabilidad aeróbica.

2.1 Fase aeróbica

La fase aeróbica comienza al momento de ensilar y continúa hasta el agotamiento del aire después del cierre del silo. Durante esta fase ocurren dos actividades fisiológicas importantes: la respiración de las plantas y la proteólisis (degradación de las proteínas). La respiración es una reacción que utiliza el oxígeno del aire para transformar los azúcares en gas carbónico (CO₂) y en agua, y como consecuencia de esta reacción se produce calor. Esta reacción se continúa mientras haya oxígeno y azúcares. Ya que los azúcares son el principal sustrato de las bacterias lácticas, hay que limitar este proceso. Además, si la respiración se prolonga indebidamente, el agua producida modifica las condiciones de humedad y como

consecuencia ciertos microorganismos como las bacterias butíricas pueden ser favorecidos por este nuevo medio. Igualmente, si la temperatura alcanza cerca de 48°C y se mantiene un cierto tiempo, como efecto se produce una reacción entre los azúcares y las proteínas (reacción de Maillard) que reduce la digestibilidad de las proteínas, esto es debido a que el nitrógeno se liga a las fibras. Cuando la proteína que está ligada a las fibras (FDA-N x 6.25) representa más del 15 % de la proteína bruta nos indica que hubo un calentamiento importante en el silo. Sin embargo, la respiración no tiene efectos perjudiciales; cuando el silo está cerrado, ya que permite consumir el oxígeno y crear condiciones de anaerobiosis.

Como medida importante, los silos deben ser cerrados rápidamente. Para el silo horizontal (también llamado silo de trinchera o zanja), Bolsen (1997) menciona que debe cerrarse en menos de dos días después de que el silo esté terminado. Para el silo en pacas (microsilos) un plazo de 24 horas tuvo efectos negativos sobre la conservación (CPVQ, 1990) por lo que el cierre debe ser hecho lo más rápido posible después de ser compactado. El Cuadro 1 da la información sobre el espesor del plástico que debería ser utilizado para los diferentes tipos de silos.

Cuadro 1. Parámetros de la fabricación recomendada para ensilar y la utilización de los ensilajes según el almacenamiento.

Sistema de almacenamiento	Materia Seca (MS) ¹ (%)	Largo de Corte ² (mm)	Cantidad utilización (mm)	Espesor del plástico recomendado ⁴ (□m) ⁵
Silo a temperatura controlada	40-50	6-25		
Silo torre	35-40 ⁶	6-25	5-10 ⁷	
Silo horizontal	30-35	6-25	10-25	100-200 ⁸
Silo montón	30-35	6-40	15-30	100-200
Silo bolsa	35-40	6-25	10-20	125-250
Silo en pacas (microsilos)	45	-----	-----	100-150

¹ Adaptado de CPVQ, 1990; Mahanna, 1997; Savoie y Jofriet, 2003.

² Adaptado de Mahanna, 1997; Savoie y Jofriet 2003; Shinnars, 2003.

³ Adaptado de Mahanna, 1997; Savoie y Jofriet, 2003.

⁴ Adaptado de Muck *et al.*, 2003; Savoie y Jofriet, 2003.

⁵ 1 mm = 1000 □m.

⁶ El contenido más bajo para las gramíneas y los cereales y el contenido más alto para las leguminosas.

⁷ La cantidad más débil es recomendada en invierno y la cantidad más alta en verano.

⁸ El menor espesor para tres o cuatro meses de almacenamiento y el espesor más grande para 12 meses de almacenamiento.



Para el silo horizontal, cubrirlo o no cubrirlo con plástico permanece como un tema de discusión. Según un estudio efectuado en los Estados Unidos, la puesta de un toldo de plástico en el silo horizontal es una inversión rentable porque si no se producen pérdidas importantes de materia seca. Por cada dólar invertido (incluyendo la mano de obra), la ganancia sobre la inversión es de \$8.00 dólares (Muck *et al.*, 1993).

La proteólisis, es decir el hidrolizado de las proteínas por proteasas de la planta, fracciona las proteínas en cadenas más o menos largas de aminoácidos (péptidos) y en aminoácidos libres. Entonces, las proteínas degradadas son accesibles más fácilmente por los microorganismos del ensilaje y del rumen. Cuando los microorganismos utilizan los aminoácidos como substrato, hay producción de nitrógeno amoniacal (N-NH₃). La intensidad de la proteólisis varía en función de las especies de plantas forrajeras. La alfalfa es particularmente sensible a la proteólisis mientras que el trébol rojo representa sólo el 20 % del observado para la alfalfa y en alfalfa > lotus gramíneas > trébol rojo. La intensidad de la proteólisis depende de la acidez del medio; es máxima en un pH entre 5.5 y 6.0 mientras que a un pH de 4.0 la tasa de proteólisis no es más que del 15 al 35 % del nivel máximo. Aun más, la proteólisis depende del contenido de materia seca del forraje; la proteólisis disminuye con el aumento de la materia seca.

Durante la fase aeróbica del ensilaje se puede producir, además de las reacciones metabólicas que se producen en la planta, un desarrollo importante de microorganismos. Los microorganismos aeróbicos estrictos, es decir que necesitan obligatoriamente el oxígeno, como los mohos, lo mismo que los microorganismos anaeróbicos facultativos (que se pueden desarrollar en ausencia o en presencia de oxígeno) como las enterobacterias y las levaduras, mientras se desarrollan en tanto las condiciones lo permitan, utilizan los azúcares del forraje. De modo general, cuanto más húmedos son los forrajes es más rápido es el desarrollo de los microorganismos. Lo mismo ocurre con la temperatura; cuando es más alta, los microorganismos se desarrollan más rápido. En ausencia de oxígeno los microorganismos no se mueren sino que entran en un estado de latencia. Desde el momento que las condiciones vuelven a ser favorables, ellos se desarrollan de nuevo. No obstante, el tiempo entre la fermentación y la apertura del silo es importante; mientras más largo sea, es más difícil que empiecen a desarrollarse de nuevo los microorganismos. Durante la fase aeróbica el grupo de enterobacterias es importante. Es sólo por la disminución de pH que su desarrollo es inhibido. Además, las enterobacterias producen metabolitos que aumentan el pH y/o el poder tampon de los forrajes, es decir, su capacidad a resistir a una baja de pH. Su desarrollo retrasa la disminución de pH; es por eso que hay que limitar su desarrollo.

2.2 Fase de fermentación

La fase de fermentación comienza cuando hay condiciones anaeróbicas en el silo. Entonces se tiene un aumento en la disponibilidad de azúcares solubles, en respuesta al estallido de las células de las plantas. En efecto, solamente una parte de

los azúcares solubles había estado disponibles para los microorganismos en el momento del tratamiento mecánico de los forrajes (picado, laceración o maceración). El tamaño de los trozos cortados del forraje influye sobre la disponibilidad de los azúcares. Es lo que explica, al menos en una parte, las diferencias en la fermentación observadas entre los ensilajes picados y el ensilaje en pacas o microsilos. Con el mismo contenido de materia seca (MS), el pH de un ensilaje de microsilos disminuye más lentamente que el de un ensilaje picado. Por el mismo hecho, la proteólisis también es muy importante (ver sección 2.1). Además, la débil disponibilidad de los azúcares en un ensilaje en pacas tiene un efecto negativo sobre el alcance del pH de estabilidad anaeróbica (pH necesario para inhibir las bacterias butíricas). Es por eso que se recomienda ensilar los forrajes no picados, incluyendo a los que serán conservados en forma de silo en pacas, con un contenido de MS entre el 40 y 45 %. Este porcentaje de MS ideal debe alcanzarse lo más rápido posible. La utilización de un cortadora-embaladora o de un hileradora o segadora puede ser útil para reducir el tiempo de pre-ensilaje cuando las condiciones no son ideales.

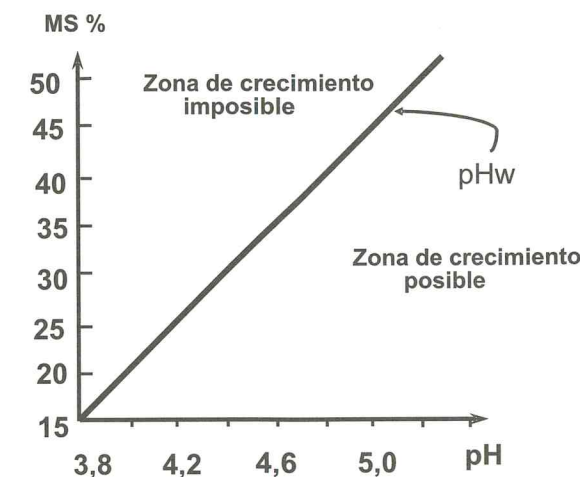
El picado sirve también para facilitar la compactación y como consecuencia aumentar la densidad de material verde en el silo. En el Cuadro 1 se proporciona la longitud recomendada.

Durante la fermentación son los microorganismos anaeróbicos facultativos y anaeróbicos estrictos (que se desarrollan solamente en ausencia de oxígeno) los que pueden desarrollarse, entre otros: las bacterias lácticas, las enterobacterias, las bacterias butíricas y las levaduras. Las bacterias lácticas deben ser favorecidas mientras que los otros grupos deben ser inhibidos a causa de sus efectos negativos sobre el valor nutritivo de los forrajes y/o pérdidas de materia seca. Esto puede pasar durante el almacenamiento y/o después de la apertura del silo.

La inhibición de las enterobacterias y de las bacterias butíricas se hace principalmente debido a su intolerancia al pH ácido y su tolerancia a una presión osmótica alta (alto contenido de materia seca); un pH de 4.5 a 5.0 permite inhibir las enterobacterias mientras que un pH de 4.3 o menos es necesario para inhibir las bacterias butíricas. Sin embargo, el pH que inhibe las bacterias butíricas (pHw o pH de estabilidad anaeróbica) varía en función de la materia seca. Cuanto más alta es la materia seca, el pH que permite inhibir las bacterias butíricas es también más alto (Figura 2). En cuanto a las levaduras, son menos sensibles al pH alcanzado durante el ensilaje. La mayoría de éstas pueden desarrollarse con pH entre 3 y 8. Además, son más resistentes al aumento de la presión osmótica (materia seca alta) que las bacterias lácticas. Las bacterias lácticas son muy difíciles de controlar.

Cuando las condiciones anaeróbicas son alcanzadas, las bacterias lácticas se desarrollan rápidamente. Una población de cerca de 10^8 unidades formadoras de colonias (UFC) por g de forraje fresco (FF) debe ser alcanzada antes de que el pH descienda de modo importante. El ácido láctico es mejor que el ácido acético para la acidificación del medio. Es entonces preferible tener una población de bacterias lácticas homofermentadoras, es decir, que producen solamente ácido láctico. Según

la población de bacterias lácticas presentes sobre la planta, el tiempo para alcanzar 10^8 UFC por g de FF será más o menos largo. Las poblaciones lácticas epífitas presentes en el momento de ensilaje no pueden ser evaluadas rápidamente. Además, su número varía mucho durante la temporada, es por eso la recomendación de inocular los forrajes en el momento de la postura en silo.



Fuente: Wieringa 1969

Figura 2. Efectos del pH y del contenido de materia seca sobre el desarrollo de bacterias butíricas. El pH de estabilidad anaeróbica (pHw) es el pH a alcanzar para impedir que las bacterias butíricas se desarrollen en el ensilaje.

La ensilabilidad de una planta está relacionada con su contenido de MS y azúcares solubles, lo mismo que a su poder tampón. Varios factores hacen variar los contenidos de azúcares solubles y el poder tampón de las plantas (Lafrenière et al., 1998). De manera general, el contenido de azúcares solubles debe ser del 10 % para asegurar la fermentación completa de un forraje de gramíneas ensiladas con un 30 % de MS y de un forraje de leguminosas ensiladas con 40 % de MS. Sin embargo, un 5-6 % de azúcares solubles es suficiente para el caso de forrajes de gramíneas o de leguminosas ensilados al 40-50 % MS, y en el caso del maíz y de los cereales (cebada, avena) ensilados al 35 % MS. No obstante, es difícil hacer los análisis de los azúcares solubles que nos permitirían tomar decisiones rápidas. En el caso de los forrajes donde el contenido de azúcares solubles está abajo el porcentaje deseado, es posible prever en el contenido en materia seca en el momento del ensilaje. En efecto, el aumento del contenido en MS es un modo simple de aumentar la ensilabilidad de los forrajes: con el aumento del contenido en MS, el pH límite que



inhibe las fermentaciones butíricas es más elevado, de modo que menos ácido láctico debe ser producido y menos azúcares solubles deben ser utilizados para poder alcanzarlo. Además, con el aumento del contenido en materia seca, las bacterias butíricas tienen más dificultad en desarrollarse. El Cuadro 1 indica los contenidos en MS recomendados para los diferentes sistemas de almacenamiento.

2.3 Fase de estabilidad anaeróbica

La fase de estabilidad anaeróbica (ausencia de oxígeno) es caracterizada por una actividad microbiana débil si el silo está bien impermeable al aire y el pH es suficientemente bajo para inhibir el desarrollo de las esporas butíricas. En cambio, si el pH de estabilidad anaeróbica (pH_w), es decir, el pH necesario para inhibir el desarrollo de las bacterias butíricas (Figura 2) no es alcanzado, las bacterias butíricas se desarrollan utilizando el ácido láctico para producir ácido butírico, lo que causa un aumento de pH. Cuando el pH alcanza un nivel más alto, las bacterias butíricas utilizan los aminoácidos, esto produce un aumento del nitrógeno amoniacal y una producción de aminos.

Durante esta fase, las levaduras pueden también desarrollarse. Sin embargo las especies de levaduras serían diferentes según el grado de anaerobiosis del silo. Si la impermeabilidad del silo no es óptima, predominan las levaduras que utilizan el ácido láctico para desarrollarse; estas levaduras son las más perjudiciales por el hecho de que metabolizan rápidamente el ácido láctico en el momento de la apertura del silo y pueden así iniciar el deterioro aeróbico. Al contrario, buenas condiciones de anaerobiosis favorecen las levaduras que no pueden metabolizar el ácido láctico cuando se abre el silo.

En los ensilajes, el desarrollo de las levaduras es inhibido por altos contenidos de diferentes ácidos orgánicos, aunque no es el único factor. En efecto, para sobrevivir en un medio ácido, las levaduras necesitan una fuente de energía. En condición de anaerobiosis, la fermentación de los azúcares permite obtener esa energía. Es por eso que los ensilajes con altos contenidos de azúcares residuales, como el ensilaje de maíz y el ensilaje de cereales de planta entera, son los más susceptibles al "calentamiento".

2.4 Fase de alimentación

Durante la fase de alimentación, es decir cuando el ensilaje es servido al animal, una parte más o menos importante del silo es expuesta al aire. Este es un período crítico para la estabilidad aeróbica (calentamiento). La estimación del "calentamiento" es difícil de establecer ya que varios factores interactúan. La estabilidad aeróbica depende principalmente del número de microorganismos aerobios presentes en el ensilaje en el momento de la utilización. No obstante, las condiciones del medio ambiente influyen ampliamente sobre el principio de "calentamiento" del ensilaje. La estabilidad aerobia es reducida, esto quiere decir que el ensilaje se "calienta" más rápidamente cuando: las temperaturas ambientales son

calientes, los azúcares residuales son elevados, y las cantidades de ácidos orgánicos que provienen de la fermentación (ácido láctico y ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico) son débiles.

Según el tipo de silo y la densidad del ensilaje, deben ser utilizadas cantidades mínimas establecidas con el fin de evitar el "calentamiento". Estas cantidades se dan en el Cuadro 1. Hay que tener en cuenta que si las densidades son más bajas porque el material a ensilar es más maduro que lo normal, o el largo de corte es más grande que lo recomendado, la cantidad mínima a utilizar debería aumentar.

3. Los agentes de conservación para los ensilajes, cómo se encuentran y cómo hacer una buena elección

El productor tiene un cierto control sobre algunos factores que influyen sobre el proceso de ensilaje; entre ellos están: la elección de la planta y de su fertilización, los métodos de cosecha y de preparación del silo, y el tipo de estructura de almacenamiento. En cambio, hay otros factores que son más difíciles de controlar. Sin lugar a duda, hacen variar la calidad de la conservación las condiciones climáticas que modifican la composición química de la planta (azúcares, materia seca) y las bacterias presentes de manera natural en la superficie de las plantas. Es por eso que los agentes de conservación para los ensilajes pueden ser una ayuda muy importante.

Cuando se presenta un problema de mala calidad del ensilaje, **hay que identificar bien la fuente del problema y asegurarse que no provenga de un mal manejo o de una deficiente técnica de ensilaje.** Una vez comprobados y corregidos los problemas del ensilaje, la utilización de un agente de conservación puede ser considerada con el fin de evitar que el problema se repita.

En 2004, 132 agentes de conservación para forrajes fueron registrados en Canadá (Ouellet y Lafrenière, 2004). Con todos estos productos es muy difícil para el productor elegir el más eficaz. Cuando se llega el tiempo de escoger un agente de conservación primero hay que identificar la categoría de productos (ácidos, bacterias, enzimas, sales) susceptible de ser el más eficaz según el tipo de forraje que se va a ensilar, el tipo de almacenamiento y las condiciones de cosecha. Entonces, la elección de un producto comercial se hace en función de criterios como la garantía del contenido real del producto, los beneficios y el modo de aplicación de este.

La lista de los registros tiene en cuenta tres tipos de agentes de conservación, pero pueden añadirse a esta lista los aditivos nutritivos tales como el amoníaco anhídrido por su efecto sobre la estabilidad aerobia:

1. Inhibidores de la fermentación (ácido fórmico)
2. Estimulantes de la fermentación (enzimas, bacterias lácticas)
3. Inhibidores aeróbicos (ácido propiónico, bacterias lácticas, amoníaco anhídrido)



3.1 Los inhibidores de la fermentación

Modo de acción: Para inhibir la fermentación hay que reducir el pH a 4.0. Los primeros inhibidores de la fermentación fueron los ácidos minerales pero a causa de que a los animales no les gustaba (problemas de apetito), los ácidos orgánicos tales como el ácido fórmico, el ácido propiónico y el ácido acético comenzaron a ser utilizados de preferencia. La capacidad de acidificación del ácido fórmico es superior a la del ácido acético y éste último es superior a la del ácido propiónico. El ácido fórmico es el ácido orgánico más utilizado para acidificar los forrajes y/o inhibir la fermentación, aunque el ácido propiónico puede ser utilizado también con este fin sobre forrajes cortados y dejados en el campo. No obstante, a causa de su efecto antifúngico, el ácido propiónico es utilizado sobre todo como un inhibidor aeróbico. La utilización del ácido fórmico como acidificante permite bajar rápido el pH, y como resultado limita la proteólisis y también el desarrollo de las enterobacterias y de las bacterias butíricas, mejorando así las características de conservación de los ensilajes. Después de ajustar el ácido fórmico a los ensilajes con un contenido de MS < 35%, la producción de los animales mejora. Sin embargo, el costo alto de este aditivo limita su utilización.

3.2 Los estimulantes de la fermentación

3.2.1 Las enzimas

Modo de acción: Las enzimas fibrolíticas (celulasa, hemicelulasa, pectinasa) o amilolíticas (amilasa) son sustancias biológicas que permiten aumentar el contenido de azúcares solubles de los forrajes. Estas enzimas degradan los azúcares complejos en azúcares solubles que son utilizados por las bacterias para producir ácido láctico. La eficiencia de las enzimas fibrolíticas se mide por la disminución de las concentraciones de fibras FDN o FDA. Aunque la concentración de éstas pueda ser reducida por la acción de las enzimas en el curso del almacenamiento, esto no significa necesariamente que al agregar enzimas se aumenta el valor nutritivo del forraje.

Los forrajes con un contenido bajo de azúcares, como la alfalfa, son los que aprovechan más el agregado de enzimas. Las enzimas son productos naturales de origen fúngico. Consecuentemente, los tipos de enzimas y su eficacia dependen del tipo del hongo del que se extrajo. La eficiencia de las enzimas es más alta cuando la planta es cosechada joven y tiene un contenido de MS inferior al 40 %, cuando el picado es fino, y cuando el pH del ensilaje se encuentra entre 4 y 5. Las paredes celulares de las gramíneas son más fácilmente degradadas por las enzimas que las leguminosas. El maíz es degradado de manera intermedia entre las gramíneas y las leguminosas. Las preparaciones de aditivos enzimáticos son raramente puras. Todos estos factores hacen que el resultado de la utilización de los productos enzimáticos sea difícil a predecir. En el caso del maíz forrajero, puede producirse un problema suplementario: la actividad amilolítica del suplemento de enzimas puede degradar el almidón y así aumentar de modo excesivo el contenido de azúcares del forraje, lo

que puede favorecer el desarrollo de las levaduras y la producción de etanol, y así aumentar los riesgos de "calentamiento" al momento de la utilización del ensilaje. Por esta razón no se recomienda agregar enzimas al maíz forrajero. En conclusión, la presencia de proteasas en el complejo enzimático no es justificada. Estas enzimas degradan las proteínas, lo que debemos evitar absolutamente en los ensilajes.

Consejos de utilización: Es importante comprar un buen producto para la especie de forraje a cosechar. Así, para las leguminosas se recomienda un producto que contiene amilasa, por que los azúcares de reserva se acumulan en forma de almidón. En cambio, para las gramíneas la amilasa no tiene prácticamente efecto por que los azúcares se acumulan en forma de fructosas. Es importante escoger un producto que deba ser aplicado en forma líquida (hidrosoluble) más bien que en forma de polvo o granular, ya que la aplicación de un producto líquido es más uniforme.

3.2.2 Los inoculantes lácticos con o sin enzimas

Modo de acción: Los inoculantes lácticos son aditivos que proporcionan bacterias lácticas con el fin de asegurar una fermentación láctica rápida y eficaz. El inoculante láctico es una "ayuda" a la naturaleza. Algunas veces podemos añadir enzimas a los inoculantes lácticos. Las cantidades de enzimas son menores que para los aditivos enzimáticos aplicados solos. Es más difícil demostrar la eficacia de las enzimas aplicadas a la mezcla, ya que el inoculante actúa al mismo tiempo sobre la fermentación. Que sea con o sin enzimas, es la disminución rápida del pH por la cual los inoculantes lácticos pueden inhibir los microorganismos no deseados y así disminuir la actividad enzimática de las plantas que degradan las proteínas.

Cuando utilizarlos: Hay que elegir un producto que permita la aplicación mínima de 100,000 bacterias lácticas viables por g de forraje ensilado, lo cual parece ser suficiente en América del Norte. Si bien la utilización de un inoculante probablemente no es necesaria todo el tiempo, actualmente hay disponibles herramientas para diagnosticar si debemos o no utilizarlo.

3.3 Los inhibidores aeróbicos

3.3.1 Los ácidos

Los ácidos son utilizados sobre todo para prevenir los problemas de estabilidad aeróbica de los ensilajes. Estos ácidos son principalmente ácidos orgánicos. Los llamamos también inhibitorios de levaduras y mohos. El ácido propiónico es el ácido más utilizado como inhibitorio aeróbico ya que tiene mejor eficiencia que el ácido fórmico.

Modo de acción: Los ácidos orgánicos inhiben los microorganismos como las levaduras y los hongos. El mejor inhibitorio de levaduras y de hongos es el ácido propiónico, seguido por el ácido acético y el ácido láctico. Cuanto más ácido es el pH



de la masa de forrajes, más alta es la inhibición, por lo que es importante reducir el pH lo más bajo posible. Utilizamos como regla general para medir la estabilidad aeróbica o el deterioro aeróbico del ensilaje el tiempo necesario para que la temperatura del ensilaje expuesto al aire (en el momento de la utilización) aumente en 2°C. Esta comparación se hace siempre con un forraje testigo que no ha recibido ningún tratamiento.

Consejos para la utilización de los ácidos: Los ácidos orgánicos utilizados para el control de la estabilidad aeróbica son menos fuertes que el ácido fórmico pero son muy corrosivos. Para evitar quemaduras hay que limitar las manipulaciones. Por eso es preferible utilizar un recipiente y una bomba instalados directamente sobre el lote del cereal a ensilar. Con esta forma de aplicación aseguramos una mejor uniformidad de distribución. Estos ácidos son corrosivos para las maquinas, lo que puede reducirse evitando utilizar el ácido en el momento del relleno del último vagón de ensilaje precedido por una interrupción prolongada. Existen formas tampon de ácidos orgánicos, no corrosivas, pero su costo es más elevado.

3.3.2. Inoculante láctico para mejorar la estabilidad aeróbica.

El inoculante láctico homofermentativo, es decir que produce sólo ácido láctico, no es siempre eficaz para aumentar la estabilidad aeróbica. Otros métodos han sido estudiados. Uno de ellos es la utilización simultánea de bacterias lácticas y de bacterias del género *Propionibacterium* que producen ácido propiónico. El ajuste de esta última bacteria con bacterias lácticas es ineficaz porque *Propionibacterium* son lentos para establecerse y porque no son competitivos con las bacterias lácticas cuando la fermentación se establece rápidamente. Otra forma, es la utilización de *Lactobacillus buchneri*, que es una bacteria heteroláctica. El metabolismo particular de esta bacteria láctica permite la transformación del ácido láctico en ácido acético y de allí en 1,2-propanodiol, lo que permite inhibir el desarrollo de las levaduras (Lafrenière y Berthiaume, 2000). Otras sustancias, teniendo en cuenta su actividad antifúngica, también serían producidas por esta bacteria, pero aun no han sido identificadas.

Consejos de utilización: Es importante comprar un buen producto para el tipo de forraje cosechado. Como los productos específicos no existen, hay que elegir un producto para un forraje similar. Por ejemplo, para el ensilaje de cereales, escoger un producto como para el ensilaje de gramíneas o de maíz. Hay que leer muy bien las etiquetas para verificar las especies de bacterias lácticas que contiene el inoculante. Este debe contener una o algunas de las bacterias siguiente: *Lactobacillus plantarum*, otras especies de *Lactobacillus*, *Pediococcus* y *Enterococcus* (*Streptococcus*).

No obstante, no porque una bacteria tenga el mismo nombre la eficacia es la misma. En este sentido, todos los inoculantes son diferentes. Infórmese con su abastecedor de los efectos del inoculante sobre la fermentación y el beneficio sobre

el animal. Resultados positivos de varios ensayos independientes, diferentes a los del fabricante, son un indicio de un buen inoculante.

Elegir un inoculante que se aplique bajo forma líquida (hidrosoluble) más bien que en forma de polvo o granular, porque la inoculación es más uniforme. Es importante que el agua utilizada para diluir el inoculante no contenga cloro. Si el agua es clorada, deje el agua reposar toda la noche (en un recipiente abierto) para que el cloro pueda disiparse.

La aplicación en el campo al momento de la cosecha permite una mejor distribución que la aplicación en el silo. Algunos inoculantes pueden exigir un plazo entre la preparación de la solución y la aplicación para permitir multiplicarse al cultivo bacteriano. Siempre hay que seguir las recomendaciones del fabricante.

3.3.3. El amoniaco anhídrido

Modo de acción: El amoniaco anhídrido es un aditivo nutricional que tiene como objetivo aumentar el contenido de nitrógeno de los forrajes. No obstante, el amoniaco es también un agente antimicrobiano. Este permite reducir el número de bacterias e inhibir el desarrollo de las levaduras y de los hongos. El aumento de pH observado en el momento de la aplicación de este producto modifica la fermentación y aumenta la concentración de ácido acético. Es principalmente la concentración alta en ácido acético y la inhibición de las levaduras y hongos lo que permite reducir el "calor" cuando utilizamos el silo.

Consejos de utilización: El amoniaco es habitualmente utilizado en los ensilajes de maíz. Sin embargo, su utilización no es recomendada cuando el contenido en materia seca es superior al 40% (Kung y al. 2003). Cuando el ensilaje es tratado con amoniaco y almacenado en un silo vertical, la aplicación del amoniaco debe hacerse antes del paso por el secador para evitar pérdidas importantes. La utilización del hidróxido de amonio (NH₄OH) puede reemplazar al amoniaco anhídrido pero el costo es más alto.

4. Obras citadas

- Berthiaume, R. 1993. Prediction of intake and gain of growing beef cattle fed silage diets in eastern Canada. Thèse de maîtrise. Université de Guelph. 130 pages.
- Bolsen, K.K. 1997. Issues of top spoilage losses in horizontal silo. Pages 137-150 dans Silage : Field to Feedbunk. NRAES-99. Proceedings Silage : Field to Feedbunk, North American Conference, Hershey, Pennsylvania.
- CPVQ (Conseil des productions végétales du Québec). 1990. L'ensilage de balles rondes. 107 pages.
- Kung, Jr.L., Stokes, M.R. et Lin, C.J. 2003. Silage Additives. Pages 305-360 dans D.R. Buxton, R.E. Muck, et J.H. Harrison (eds.), Silage Science and Technology. Agronomy



no 42. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin. USA.

Lafrenière, C. et Berthiaume, R. 2000. Effet de deux types d'inoculants lactiques sur la stabilité aérobie d'un ensilage d'avoine haché récolté à deux stades de maturité. Pages 48-51 dans Demi-journée d'information scientifique sur les fourrages, CPVQ Inc., éd. Victoriaville, QC. <http://www.agrireseau.qc.ca/grandescultures/documents/compte-rendu-2000.pdf>

Lafrenière, C., Berthiaume, R., Drapeau, R. et Amyot, A. 1998. Comment conserver une bonne récolte sous forme d'ensilage. Pages 58-108 dans Colloque sur les plantes fourragères. L'ensilage : du champ à l'animal, CPVQ Inc., éd., Alma et Sherbrooke, QC.

Mahanna, B. 1997. Troubleshooting with "Seed to Feed" considerations. 1997. Pages 346-381 dans Silage : Field to Feedbunk. NRAES-99. Proceedings Silage : Field to Feedbunk, North American Conference, Hershey, Pennsylvania.

Muck, R.E., Moser, L.E. et Pitt, R.E. 2003. Postharvest Factors Affecting Ensiling. Pages 251-304 dans D.R. Buxton, R.E. Muck, et J.H. Harrison (eds.), Silage Science and Technology. Agronomy no 42. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin. USA.

Muck, R.E. et Pitt, R.E. 1993. Ensiling and its effect on crop quality. 1993. Pages 57-66 dans Silage Production from Seed to Animal. NRAES-67. Proceedings National Silage Production Conference, Syracuse, New-York.

Ouellet, A-M. et Lafrenière, C. 2004. Additifs et inhibiteurs de moisissures pour fourrages. 38 pages. <http://www.agrireseau.qc.ca/grandescultures/documents/additifs%20et%20inhibiteurs%20de%20moisissures%2024%20fev%202005.pdf>

Savoie, P. et Jofriet, J.C. 2003. Silage Storage. Pages 405-467 dans D.R. Buxton, R.E. Muck, et J.H. Harrison (eds.), Silage Science and Technology. Agronomy no 42. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin. USA.

Shinners, K.J. 2003. Engineering Principles of Silage Harvesting Equipment. Pages 361-403 dans D.R. Buxton, R.E. Muck, et J.H. Harrison (eds.), Silage Science and Technology. Agronomy no 42. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin. USA.

Weiringa, G.W. 1969. Influence of moisture and nutrient content of forage plants on fermentation processes. Pages 133-137 dans Proceedings of the 3rd General Meeting of the European Grassland Federation. Braunschweig, Allemagne.

INCIDENCIA Y PREVENCIÓN DE MICOTOXINAS EN ENSILAJE DE MAÍZ

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. y Michele A. Mansfield

Department of Plant Pathology, The Pennsylvania State University

El ensilaje de maíz representa aproximadamente el 50% del consumo de material seca del ganado lechero criado en el noreste de Estados Unidos. La calidad total y nutricional de este alimento es crítica para la salud y productividad de la vaca lechera. En este documento se discutirá la información conocida de la incidencia y prevención de las micotoxinas en ensilaje de maíz haciendo énfasis especial en resultados recientes del estado de Pensilvania en los Estados Unidos.

Las micotoxinas son sustancias químicas producidas por hongos que son tóxicas para los animales y humanos en dosis pequeñas. Las condiciones favorables para la producción varían entre las toxinas producidas por diferentes géneros y especies de hongos. Los factores conocidos que impactan su producción son el sustrato, la temperatura, el pH, el tiempo de incubación y la presencia de otros microbios. En el caso del ensilaje de maíz algunas micotoxinas son producidas principalmente en el campo y otras principalmente en el silo debido a las diferentes condiciones en las dos situaciones. Las condiciones del campo pueden promover la producción de las micotoxinas encontradas en el grano de maíz mientras que el bajo pH y la baja presión de oxígeno en las condiciones del silo promueven el crecimiento de diferentes hongos y por lo tanto la producción de diferentes toxinas.

Micotoxinas de *Aspergillus*

Aspergillus flavus y *A. parasiticus* son hongos que habitan comúnmente en las mazorcas del maíz, particularmente en climas cálidos. Estas dos especies son conocidas porque producen la micotoxina carcinogénica aflatoxina, incluyendo las aflatoxinas B₁, B₂, G₁ y G₂. De todas las micotoxinas, las aflatoxinas han generado el mayor número de normas de regulación en el mundo (CAST, 2003). Las aflatoxinas son de particular interés para los productores de leche porque estas toxinas pueden ser transferidas a la leche y en muchos países los niveles regulatorios son más bajos que para otros alimentos. Las aflatoxinas han sido detectadas en ensilajes de maíz en numerosos reportes (El-Shanawany et al., 2005; Garon et al., 2006). Estas especies pueden también producir ácido ciclopiazónico el cual es también transferido a la leche donde es un tanto estable (Dorner et al., 1994; Mansfield et al., en prensa; Prasongsith et al., 1998). El control de aflatoxinas en el ensilaje debe iniciar con estrategias para minimizar la producción de la toxina en el campo. Algunas acciones pueden ser el uso de variedades de maíz resistentes, si están disponibles, el control de insectos que se alimentan de las mazorcas y estrategias para mantener una fertilidad adecuada y humedad para las plantas.



Aspergillus fumigatus es uno de los hongos más comúnmente encontrados en el ensilaje de maíz (Dos Santos et al., 2003). *A. fumigatus* es un hongo termofílico y cosmopolita conocido por producir varios tipos de micotoxinas. La gliotoxina es un compuesto anti-bacterial que es producido por *A. fumigatus* aislado de ensilajes de maíz (Dos Santos et al., 2003). Además, hay múltiples reportes de producción de micotoxinas tremorgénicas tales como la fumitremorgenes por *A. fumigatus* aislado del ensilaje (Cole et al., 1977; Dos Santos et al., 2003). Debe ser también resaltado que estas especies son patógenos humanos y que pueden ser también patógenos para los animales. Hay poca información disponible respecto al control de estos hongos y sus toxinas en ensilajes.

Micotoxinas de *Fusarium*

Dos estudios de Norteamérica indican que la micotoxina *Fusarium* fumonisina es la toxina más frecuentemente detectada en los forrajes de maíz (Kim et al., 2004; Mansfield et al., 2007). En maíz, las fumonisinas son producidas por *F. verticillioides* y *F. proliferatum*, y *F. verticillioides* es regularmente citado como el hongo más comúnmente aislado de las plantas de maíz (Foley, 1962; Munkvold y Desjardins, 1997). En el estudio hecho por Mansfield et al. (2007), más de 30 granjas lecheras en Pensilvania fueron inspeccionadas en 2001 y 2002. Muestras de ensilaje de maíz se colectaron al momento de la cosecha y entre 3 y 6 meses después de ensilar y fueron examinadas para determinar su microbiota y micotoxinas (Mansfield et al., 2005; Mansfield et al., 2007; Mansfield y Kuldau, 2007; Mansfield et al., en prensa). Fumonisinas fueron encontradas en el 92% de las muestras con un rango de entre 0.2 y 10.10 µg/g de fumonisina B₁ y 0.20 a 20.20 µg/g de fumonisina B₂. No hubo diferencia estadística significativa entre los niveles de fumonisinas en el campo y las muestras ensiladas, indicando que no hubo producción adicional de esta toxina en el silo. Esta información también indica que el manejo de esta toxina debe enfocarse en metodologías aplicadas en campo. Las estrategias a utilizar deberían incluir el uso de variedades resistentes, si están disponibles, el uso de maíz Bt, si está aprobado, y manteniendo una adecuada fertilidad y humedad en el suelo.

Las especies de *Alternaria* tales como *Al. alternata* y *Al. tenuissima* se presentan en maíz y producen la micotoxina AAL, que es similar a las fumonisinas en estructura y actividad biológica. Esta toxina ha sido detectada en ensilajes de maíz por dos grupos de investigación en muestras obtenidas de las áreas del norte de los Estados Unidos (Mansfield et al., 2007; Yu et al., 1999).

La micotoxina tricotecena deoxinivalenol se situó entre las tres micotoxinas aisladas más frecuentemente en muestras de ensilajes de maíz en Pensilvania estando presentes en el 84% de las muestras del 2001 y en el 66% de las muestras del 2002 (Mansfield et al., 2005). Este resultado es consistente con el hecho de que el hongo productor de deoxinivalenol, *F. graminearum*, fue el hongo más frecuentemente aislado de muestras de campo frescas durante el estudio (Mansfield y Kuldau, 2007). Es importante señalar que mientras 8 especies de *Fusarium* fueron detectadas en las muestras de campo en el estudio de Pensilvania, no se

encontraron organismos viables de *Fusarium* en ninguno de los materiales ensilados. Otros investigadores han hecho observaciones similares y es probable que *Fusarium* sea incapaz de sobrevivir en las condiciones ácidas y de baja tensión de oxígeno del ensilaje. Esta observación refuerza el concepto de que el manejo de micotoxinas de *Fusarium* en ensilajes de maíz se debe enfocar en estrategias de campo. Una estrategia de campo a considerar es la utilización de cero labranza o labranza mínima. Mansfield et al. (2005) encontró niveles de deoxinivalenol significativamente más altos en muestras provenientes de campos de cultivo sin labranza o labranza mínima comparado con muestras obtenidas de campos de cultivo manejados con labranza convencional o labranza mixta. Las estrategias de labranza reducida ofrecen beneficios tales como retención de humedad; sin embargo, los productores deben considerar cuidadosamente nuevas opciones antes de cambiar sus prácticas actuales. Una aparente reducción significativa de deoxinivalenol en material ensilado fue también identificada en este estudio (Mansfield et al., 2005). No es sabido, sin embargo, si la toxina fue degradada o simplemente combinada con el material del ensilaje y por lo tanto no se detectó. T-2, una toxina tricoteceno más tóxica, también ha sido reportada en ensilajes de maíz, aunque con base en la literatura disponible no parece ser tan común como el deoxinivalenol (El-Shanaway et al., 2005).

Zearalenona es una micotoxina estrogénica con baja toxicidad (CAST, 2003) que puede impactar la función reproductiva en ganado lechero (Hagler et al., 2001). Es producida por *F. graminearum* pero la incidencia de la toxina es mucho menor que para deoxinivalenol. Zearalenona fue detectada en 4% de las muestras del estudio de Pensilvania (Mansfield y Kuldau, no publicado). Las condiciones que favorecen la producción de zearalenona no son bien comprendidas y los reportes publicados son confusos y por tanto es difícil hacer recomendaciones para el manejo de esta toxina en ensilajes de maíz aunque como para otras micotoxinas de *Fusarium*, estrategias de campo pueden ser las indicadas.

Micotoxinas de *Penicillium*

Penicillium roqueforti es el hongo más comúnmente identificado en el ensilaje de maíz (Aleksandrov, 1986; Auerbach et al., 1998; Mansfield y Kuldau, 2007; Vesely et al., 1981). Recientemente, esta especie fue dividida en tres con base en perfiles de metabólicos y ADN. Dos de las especies, *P. paneum* y *P. roqueforti*, están presentes en ensilajes y producen entre ellos las micotoxinas ácido micofenólico, patulina, toxina PR y roquefortina C (Boysen et al., 2000). Tres de estas toxinas (ácido micofenólico, patulina y roquefortina C) fueron detectadas tanto en muestras frescas de campo de maíz para ensilaje como en material ensilado en los silos de Pensilvania (Mansfield et al., en prensa). En general, los niveles de toxinas fueron bajos pero su presencia en las muestras de campo fue inesperada tomando en cuenta que estos hongos son considerados organismos de almacenes. Los niveles de las tres toxinas detectadas en los ensilajes fueron significativamente más altos que los encontrados en las muestras de campo, indicando una activa producción de la toxina y crecimiento de *P. roqueforti* y *P. paneum* en el silo (Mansfield et al., en prensa). De estas micotoxinas, roquefortina C fue la que más frecuentemente se



detectó y se encontró en niveles más altos mientras que patulina fue la que se encontró con menos frecuencia (Mansfield et al., en prensa).

Otras numerosas especies de hongos *Penicillium* han sido encontradas en ensilajes de maíz incluyendo *P. citrinum*, *P. commune*, *P. crustosum*, y *P. expansum* (Mansfield y Kuldau, 2007). Estas especies amplían la lista de potenciales toxinas en ensilajes incluyendo citrinina, ácido ciclopiazónico y penitrem A (Frisvad et al., 1989). Recientemente, Sumarah et al. (2005) reportaron la producción de la micotoxina tremorgénica penitrem A por *P. crustosum* aislado ensilajes, sin embargo, ellos no analizaron directamente los ensilajes para la identificación de este compuesto. De manera similar, Garon et al. (2006) reportó la presencia de citrinina en ensilaje de maíz en Francia. El ácido ciclopiazónico también ha sido reportado en ensilajes de maíz (Mansfield et al., en prensa).

Basado en el trabajo de Mansfield et al. (en prensa) y en otros, parece que la contaminación de ensilajes de maíz con toxinas de *Penicillium* comienza en el campo pero se incrementa significativamente en el silo. Esta observación indica que el manejo y la prevención de estas toxinas deben ser enfocados a operaciones en el silo, aunque el uso de métodos para asegurar un grano saludable en las mazorcas en el campo probablemente reducirá la contaminación inicial. Las prácticas para un ensilaje sano que resultan en ensilajes bien empacados y aeróbicamente estables, son recomendadas. Hay poca información específica respecto a la prevención de las toxinas de *Penicillium* mas allá de estas recomendaciones generales de tal manera que esta es un área para investigación futura.

Contaminación Multi-toxina

Como este documento ha mostrado, existe un gran número de diversas micotoxinas que han sido documentadas en ensilajes de maíz. Esto trae a flote la pregunta obvia acerca de la co-incidencia de toxinas en una muestra. Información colectada en el estudio de Pensilvania aborda esta pregunta y muestra que para estas muestras recolectadas a lo largo del estado de Pensilvania en un periodo de más de dos años en más de 30 granjas lecheras en operación, la contaminación con multi-toxinas es la norma (Mansfield y Kuldau, no publicado). Mas del 50% de las muestras contenían 3 o mas micotoxinas, algunas incluso contenían hasta 7 diferentes micotoxinas. Los estudios toxicológicos sobre el impacto de las micotoxinas en vacas lecheras deben considerar esta información, tomando en cuenta que las interacciones sinérgicas y/o aditivas de las micotoxinas son una posibilidad.

Referencias

- Aleksandrov, M. 1986. The mycoflora of corn silage. *Vet. Med. Nauki.* 23:57-60.
- Auerbach, H., Oldenburg, E., and Weissbach, F. 1998. Incidence of *Penicillium roqueforti* and roquefortine C in silages. *Journal of Science in Food and Agriculture* 76:565-572.

- Boysen, M. E., Jacobsson, K. G., and Schnurer, J. 2000. Molecular identification of species' from the *Penicillium roqueforti* group associated with spoiled animal feed. *Applied and Environmental Microbiology* 66:1523-1526.
- CAST Council for Agricultural Science and Technology 2003. Mycotoxins; risks in plant, animal, and human systems. Task Force Report 139, Ames, Iowa, USA.
- Cole, R. J., Kirksey, J. W., Dorner, J. W., Wilson, D. M., Johnson, J., Bedell, D., Springer, J. P., Chexal, K. K., Clardy, J., and Cox, R. H. 1977. Mycotoxins produced by *Aspergillus fumigatus* isolated from silage. *Ann. Nutr. Aliment.* 31:685-691.
- Dorner, J. W., Cole, R. J., Erlington, P. J., Sokospath, S. MacDowell, G. H., and Bryden, W. L. 1994. Cyclopiazonic acid residues in milk and eggs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 42:1516-1518.
- Dos Santos, A. M., Dorner, J. W., and Carreira, F. 2003. Isolation and toxigenicity of *Aspergillus fumigatus* from moldy silage. *Mycopathologia* 156:133-138.
- El-Shanawany, A. A., Eman Mostafa, M., and Barakat, A. 2005. Fungal populations and mycotoxins in silage in Assiut and Sohag governates in Egypt, with special reference to characteristic Aspergilli toxins. *Mycopathologia* 159:281-289.
- Foley, D. C. 1962. Systemic infection of corn by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 52:870-872.
- Frisvad, J. C., Filtenborg, O., and Thrane, U. 1989. Terverticillate penicillia: chemotaxonomy and mycotoxin production. *Mycologia* 81:837-861.
- Garon, D., Richard, E., Sage, L., Bouchart, V., Pottier, D., and Lebailly, P. 2006. Mycoflora and multitoxin detection in corn silage: experimental study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:3479-3484.
- Hagler, W. M., Towers, N. R., Mirocha, C. J., Eppley, R. M., and Bryden, W. L. 2001. Zearalenone: mycotoxin or mycoestrogen? In: *Fusarium*: Paul E. Nelson Memorial Symposium. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Kim, E., Maragos, C. M., and Kendra, D. F. 2004. Liquid chromatographic determination of fumonisins B₁, B₂, and B₃ in corn silage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:196-200.
- Mansfield, M. A., Jones, A. D. and Kuldau, G. A. Contamination of fresh and ensiled maize with four mycotoxins produced by *Penicillium* species. *Phytopathology*, in press.
- Mansfield, M. A. and Kuldau, G. A. 2007. Microbiological and molecular determination of mycobiota in fresh and ensiled maize. *Mycologia* 99:269-278.
- Mansfield, M. A., Archibald, D. D., Jones, A. D. and Kuldau, G. A. 2007. Relationship of sphinganine analog mycotoxin contamination in maize silage to seasonal weather conditions, and agronomic and ensiling practices. *Phytopathology* 97:504-511.



PRODUCCIÓN INTENSIVA DE LECHE EN PASTOREO

Ricardo Améndola Massiotti

Programa de Posgrado en Producción Animal – Programa de Investigación en Forrajes, Departamento de Zootecnia – Universidad Autónoma Chapingo

Introducción

Las perspectivas del sector lechero han cambiado fuertemente durante 2007. A fines de 2006 el fuerte aumento del precio de los granos (más de 40 %) impactó el costo de alimentación y cuestionó seriamente las perspectivas de rentabilidad del sector lechero; no obstante durante la primera mitad de 2007 otro cambio dio nueva luz en esa perspectiva: los precios internacionales de leche en polvo descremada (LPD) aumentaron más de 70% (WU, 2007). Este último incremento generó una situación favorable por el incremento del precio pagado al productor. Ambos cambios se presentan en la Figura 1.

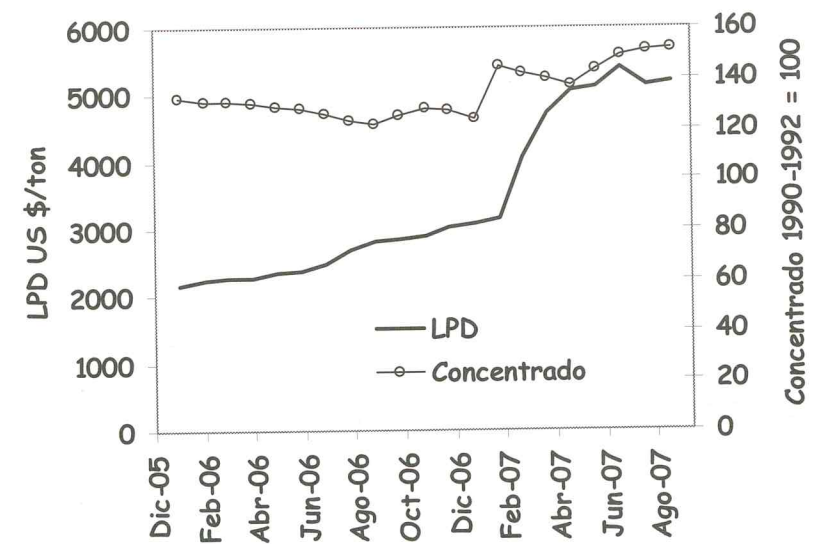


Figura 1. Evolución de precios de Leche en Polvo Descremada (LPD) en los mercados europeos y de índice de precios alimento concentrado en Estados Unidos de Norte América. Fuente: WU (2007).

No obstante estos cambios en el panorama mundial del sector lechero, la competitividad que en décadas anteriores había estado signada por los subsidios otorgados en Estados Unidos y Europa actualmente depende centralmente de la reducción en costos de producción. Como consecuencia, el mercado internacional se

Mansfield, M. A., DeWolf, E. D. and Kulda, G. A. 2005. Effect of weather conditions, cultural practices, and feed quality on deoxynivalenol content in maize silage. *Plant Disease* 89: 1151-1157.

Munkvold, G. P. and Desjardins, A. E. 1997. Fumonisin in maize: Can we reduce their occurrence? *Plant Disease* 81:556-565.

Prasongsidh, B. C., Kailasapathy, K. Skurray, G. R., and Bryden, W. L. 1998. Kinetic study of cyclopiazonic acid during the heat processing of milk. *Food Chemistry* 62:467-472.

Sumarah, M. W., Miller, J. D., and Blackwell, B. A. 2005. Isolation and metabolite production by *Penicillium roqueforti*, *P. paneum* and *P. crustosum* isolated in Canada. *Mycopathologia* 159:571-577.

Vesely, D., Vesela, D., and Adamkova, A. Occurrence of *Penicillium roqueforti* producing PR toxin in maize silage. *Veterinarni Medicina* 26: 109-115.

Yu, W., Yu, F.-Y., Undersander, D. J., and Chu, F. S. 1999. Immunoassays of selected mycotoxins in hay, silage, and mixed feed. *Food Agric. Immun.* 307-319.

ha desplazado desde el norte hacia países del Hemisferio Sur que producen con menores costos (Figura 2). El factor común de estos países de Hemisferio Sur (Nueva Zelanda, Australia, Uruguay, Argentina, Chile) es que el precio pagado al productor es mucho menor, lo cual se debe a sistemas de producción basados en pastoreo de praderas templadas o subtropicales y el uso de cantidades moderadas de forrajes conservados y alimentos concentrados (Améndola, 2002).

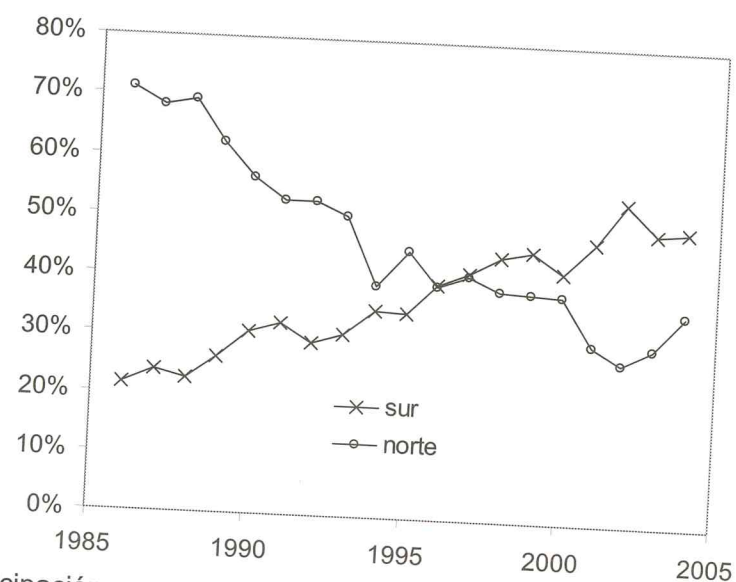


Figura 2. Participación porcentual en la exportación mundial de leche en polvo, "norte" comprende la suma de la Unión Europea (sin considerar comercio interno), Estados Unidos, y Canadá, "sur" es la suma de América del Sur y Oceanía desarrollada. Fuente: elaboración propia con datos de FAOSTAT (2006).

Sin embargo, en el caso de México, la producción lechera intensiva basada en pastoreo de praderas sembradas de clima templado, si bien es practicada por algunos productores y ha recibido atención por parte de la investigación, no es un sistema de producción ampliamente empleado en México (Améndola *et al.*, 2005). No obstante, es probable que en nuestro país, debido a la evolución del mercado mundial y siguiendo el ejemplo de algunos estados tradicionalmente productores de leche en Estados Unidos, como Pensilvania, aumente el interés por los sistemas de producción lechera bajo pastoreo. Por esta razón es necesario desarrollar paquetes tecnológicos de sistemas de producción bajo pastoreo adecuados a las condiciones mexicanas, y en estos paquetes el elemento central es el balance entre la demanda y oferta de alimento a través del año partiendo de la base que el componente principal de esa oferta debe ser el forraje producido en el rancho. A pesar de esta premisa, el enfoque moderno de sistemas de pastoreo parte de la base del empleo de alimentación suplementaria, ya no solo de forma estratégica sino como una medida regular de manejo a lo largo del año.



Balance de la alimentación en la producción intensiva de leche en pastoreo

El balance entre la demanda y oferta de alimento debe contemplar un plan de alimentación anual, y en este sentido juegan un papel fundamental las variaciones que se presentan en las tasas de crecimiento de los recursos forrajeros a través de año. En el caso de la producción intensiva de leche en México, por razones de comercialización y precio la producción debe ser constante a través del año y para ello se requiere regular la oferta para lograr un suministro constante de alimento.

La demanda de alimento es el producto del número de animales y los requerimientos de esos animales. No se debe olvidar que los requerimientos promedio de los animales dependen fundamentalmente de las metas productivas que se establecen en el plan de negocios, por ejemplo niveles de producción en línea, edades al primer parto, política de reemplazos.

El cálculo del balance requiere que tanto la oferta como la demanda de alimento se exprese en las mismas unidades. La producción de forraje y por tanto la oferta de alimento por lo regular se expresa en kilogramos de materia seca (MS) por hectárea y en función del tipo de recurso se le considera por año, por cosecha o por ciclo productivo. Por otra parte los requerimientos de los animales se expresan sobre una base diaria por cabeza en calorías o gramos de proteína. Por lo regular los contenidos de proteína del forraje consumido por vacas lecheras en pastoreo de praderas templadas son suficientes para un buen desempeño productivo, por lo que los balances se realizan con base en los requerimientos de energía. No existe una regla para la elección de las unidades sobre las cuales basar el cálculo del balance; en el caso de los trabajos realizados en Chapingo, las unidades elegidas son megacalorías de energía metabolizable ($\text{Mcal EM ha}^{-1} \text{d}^{-1}$) diarias por hectárea.

Estimación de la oferta de alimento

Las decisiones que implican modificaciones a la oferta total y estacional de alimento involucran aspectos de: i) especies forrajeras, lo que regularmente se conoce como la cadena forrajera, vale decir la rotación en el uso del suelo dedicado a la producción de forrajes, ii) otras medidas relacionadas con la producción de forraje como el empleo de fertilización y riego, iii) el empleo de suplementación con concentrado o forrajes conservados producidos en el propio rancho o adquiridos; en este caso debido al efecto sustitutivo, es de fundamental importancia atender, además de la respuesta productiva de cada animal, el efecto que la suplementación tiene sobre la carga animal. Como se verá más adelante, una de las principales ventajas de la suplementación es que permite manejar una carga animal más alta.

Con base en lo anterior, es evidente que además de la información económica de precios de productos e insumos (regularmente sujetos a variaciones estacionales y coyunturales), los modelos empleados para evaluar diferentes alternativas requieren información biológica (regularmente obtenida en experimentos) acerca de los aspectos que se señalan a continuación.



Estimaciones de las tasas de crecimiento estacional o mensual de los diferentes recursos forrajeros que puedan potencialmente emplearse en las condiciones específicas de la unidad de producción.

Estimaciones de la concentración de energía en el forraje consumido de esos diferentes recursos forrajeros. Regularmente se dispone de información sobre digestibilidad; en el caso de forrajes de clima templado la concentración de energía se puede calcular empleando la siguiente ecuación $\text{Mcal EM/kg MS} = \text{Digestibilidad (\%)} \times 0.0382 - 0.191$.

Estimaciones de las concentraciones de energía en los alimentos suplementarios que puedan potencialmente emplearse en las condiciones específicas de la unidad de producción.

Estimación del efecto sustitutivo (el forraje de pastoreo que deja de consumir el animal que ingiere suplemento) en las condiciones específicas. Tomando en cuenta que esta información específica por lo regular no está disponible, pueden emplearse valores generales de 0.5 a 0.6 en el caso de concentrado o 0.9 a 1.0 en el caso de forrajes conservados.

Generalmente, debido a la carencia de información, las estimaciones de la producción y estacionalidad de los forrajes son el aspecto más complejo y débil de la metodología en condiciones de México. Sin embargo, en una primera aproximación puede emplearse la información sobre producción anual que se proporciona en el Cuadro 1. Al emplearse esta información debe tomarse en cuenta que i) en los potreros de un rancho es imposible reproducir las condiciones controladas de las pequeñas parcelas experimentales, ii) que en algunos casos al emplearse unidades de muestreo muy pequeñas las producciones de forraje en algunos experimentos pueden estar sobrestimadas (Améndola *et al.*, 2003) y iii) las evaluaciones generalmente han abarcado los primeros dos años de las praderas y éstos son los más productivos (Améndola *et al.* 2005). Por estas razones y para no incurrir en errores de sobrestimación del potencial del sistema, se recomienda reducir esos valores en 30%.

Cuadro 1. Rendimiento de praderas plurianuales templadas en México estimados a partir de reportes de investigación de los últimos 10 años. Fuente: Améndola *et al.* (2005).

Tipo de praderas	Rendimiento t MS ha ⁻¹ año ⁻¹	Error estándar	Número de reportes
Gramíneas fertilizadas con N	15.8	2.4	7
Mezclas de gramíneas con alfalfa	23.2	1.3	4
Mezclas de gramíneas con trébol blanco	15.2	1.3	6

Améndola *et al.* (2005) indican que la desproporción en producción estacional es un problema generalizado, ya que dos tercios ($66 \pm 2\%$, $n=9$) de la producción se concentran durante primavera y verano; eso implica que la disponibilidad de forraje durante otoño-invierno es por lo general la mitad de la que ocurre en primavera-verano. La producción invernal es menor en praderas que incluyen pasto ovillo que en aquellas que incluyen raigrás perenne; a su vez, la producción invernal de praderas que incluyen alfalfa es menor que la de las que incluyen trébol blanco y es particularmente baja en praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). La digestibilidad de la material seca del forraje de este tipo de praderas es en promedio $72.4 \pm 1.9\%$ ($n = 7$) y el contenido de proteína cruda es $18.8 \pm 1.4\%$ ($n=9$), los mayores valores se presentan durante el invierno y los menores durante el verano. La digestibilidad del forraje de praderas que incluyen raigrás perenne es generalmente mayor que la de praderas que contienen pasto ovillo en tanto que la de praderas que incluyen alfalfa es menor que la de praderas que incluyen trébol blanco. Tomando en cuenta los problemas de persistencia (por lo general las praderas no están en buenas condiciones luego de 4 años) y la baja disponibilidad invernal de forraje, es conveniente diseñar una cadena forrajera que incluya forrajes anuales (avena, raigrás anual, triticale) que presentan buen crecimiento durante el invierno. Estos forrajes pueden manejarse bajo pastoreo rotacional. En el Cuadro 2 se presentan estimaciones de rendimientos logrados con estos forrajes entre los meses de octubre (siembra) y mayo (último aprovechamiento). La composición nutricional del forraje de estas especies es buena, con promedios de 2.58 ± 0.8 Mcal EM kg⁻¹ MS y $16.5 \pm 1.5\%$ proteína cruda (Améndola *et al.*, 2005).

Cuadro 2. Rendimiento (t MS ha⁻¹) de forrajes anuales templados en México estimados a partir de reportes de investigación de los últimos 10 años. Fuente: Améndola *et al.* (2005).

Especie	Rendimiento mínimo	Rendimiento máximo	Rendimiento promedio	Número de reportes
Maíz	9.6	18.7	24.2	41
Avena	4.5	15.3	9.7	10
Raigrás anual	6.4	15.0	9.7	6
Mezclas de raigrás anual y avena	7.1	15.2	11.0	6
Triticale	3.1	17.5	9.7	11

Cálculo de la demanda de alimento

Los requerimientos de alimento se calculan con base en la siguiente información:



Requerimientos de energía de las diferentes categorías de animales presentes en un rancho lechero (diferentes tipos de vacas en producción, vacas secas y diferentes categorías de reemplazos) en función de las metas de desempeño productivo.

Ajuste de estos requerimientos en función de la concentración de energía del alimento proporcionado y de los gastos adicionales de energía en que incurre el animal en el proceso de pastoreo.

Los requerimientos totales dependen de la carga animal; sin embargo, ésta será una de las variables que se calcularán en el procedimiento.

Estas estimaciones pueden realizarse fácilmente empleando tablas de requerimientos como las de NRC (1989) (Cuadros 3 y 4), aunque con el uso generalizado de hojas de cálculo (Excel) el empleo de ecuaciones resulta más conveniente que el anticuado uso de tablas.

Cuadro 3. Elementos para el cálculo de requerimientos (MCal EM d⁻¹) de vacas lecheras. Fuente: elaboración propia a partir de NRC (1989).

Función	Estimación del requerimiento
Producción de leche	Litros día ⁻¹ × costo litro ⁻¹
Costo litro ⁻¹	0.577 + 0.165 × % grasa
Aumento de peso	8.55 Mcal kg ⁻¹
Pérdida de peso	7.10 Mcal kg ⁻¹
Metabolismo basal	0.127 × Peso vivo ^{0.75}
Mantenimiento en establo	Metabolismo basal × 1.1
Mantenimiento en pastoreo muy buenas praderas	Mantenimiento en establo × 1.1
Mantenimiento en pastoreo malas praderas	Mantenimiento en establo × 1.3
Gestación mayor a 32 semanas	1.115 + 0.058 × Peso Vivo

Cuadro 4. Requerimientos para cría de reemplazos.

Crecimiento Mcal EM/d	-5.097 + 0.0161 × PV (kg) + 0.0092 × GDP (g/d)
Mantenimiento Mcal EM/d	(PV ^{0.75}) * 0.127 * 1.1 * 1.2
Mortalidad anual	5%
Destete edad	4 meses
Destete peso	120 kg
Meta edad primer servicio	15 meses
Meta peso primer servicio	340 kg
Meta servicios por concepción	1.5
Gestación mayor a 32 semanas	1.115 + 0.058 × Peso Vivo

El modelo de Chapingo sin suplementación

La Universidad Autónoma Chapingo cuenta con un módulo de producción intensiva de leche en pastoreo (MPLP) de 9.63 ha basado en praderas de alfalfa y orchard con duración de cuatro años, en rotación con dos años de praderas de avena con raigrás anual para pastoreo durante otoño-invierno y maíz para ensilar o suministrar picado verde en el ciclo de primavera-verano (Figura 3). Con esta rotación el rancho regularmente cuenta con 6.4 ha de pradera de alfalfa y orchard y 3.2 ha en la fase de rotación avena/raigrás + maíz. Se cuenta con suficiente información de producción y composición de forraje que se basa en datos de Améndola (2002) y/o citados por Améndola *et al.* (2005). Para calcular el balance, los datos de requerimientos fueron calculados con base en las tablas de NRC (1989) tal como se citan en los cuadros 3 y 4. Como ya se indicó, el balance se calculó en Mcal EM diarias por hectárea, apoyándose en algunos casos con el dato de oferta mensual.

Año	1	2	3	4	5	6	7		
Recurso	P1°	P2°	P3°	P4°	AR	M	AR	M	P1°

P1°, P2°, P3°, P4°: praderas de alfalfa y orchard entre 1°y 4° año.
 AR: pradera de Avena y Raigrás para pastoreo en otoño-invierno.
 M: Maíz en primavera-verano para ensilar o suministrar picado fresco.

Figura 3. Esquema de la rotación de praderas, avena con raigrás y maíz en Chapingo.

La oferta de alimento se presenta en los Cuadros 5 a 7 en tanto que en los Cuadro 8 y 9 se reportan los requerimientos para vacas y reemplazos. En este caso, se analizan vacas de 580 kg de peso vivo (PV) con una producción en línea de 15 litros con 3.8% de grasa, intervalo inter-partos de 14 meses, edad al primer servicio



15 meses con 340 kg, mortalidades de 5% anual y longevidad de 4 lactancias. Por último se comunica el balance en términos de carga animal para el sistema.

Cuadro 5. Cálculo de estimación de oferta de alimento en pastoreo.

Mes	Pradera kg MS/ha/d	AvRg kg MS/ha/d	Pradera kg en rotac/ha/d	AvRg kg en rotac/ha/d	Pastoreo kg/ha rotación/d	Pastoreo Mcal kg/ha rotación/d*
e	16	31	10.7	10.3	21.0	54
f	21	28	14.0	9.3	23.3	60
m	30	31	20.0	10.3	30.3	78
a	66	43	44.0	14.4	58.4	150
m	73		48.7	0.0	48.7	125
j	69		46.0	0.0	46.0	118
j	65		43.3	0.0	43.3	112
a	59		39.3	0.0	39.3	101
s	48		32.0	0.0	32.0	82
o	38		25.3	0.0	25.3	65
n	26	15	17.3	5.0	22.3	58
d	21	31	14.0	10.3	24.3	63

* Digestibilidad 72.4 = 2.57 Mcal EM /kg MS

Cuadro 6. Cálculo del aporte de maíz.

Rendimiento kg MS/ha	13090
Aporte en la rotación (1/3 del área)	4363
-25% pérdidas	3273
Mcal/kg MS	2.37
Mcal/ha de la rotación	7756

Cuadro 7. Cálculo del suministro de ensilado de maíz y balance mensual.

Mes	Pastoreo mcal/ha/mes	Suministro Ensilado*	Henificar	Resultado** Henificación	Suministro Heno	Déficit Mcal/mes	%
e	1676	1742					
f	1682	1405					
m	2421	997					
a	4514		1206	844			
m	3884		466	326			
j	3553						
j	3459						
a	3139	279					
s	2472				836		
o	2022				335	1061	31%
n	1725	1583					
d	1942	1476					

* Para llevar a un promedio de 110 Mcal/ha/d (promedio anual de pastoreo + ensilado).

** 30% pérdidas

Cuadro 8. Estimación de requerimientos de vacas.

Rubro	Ecuación	Resultado
Producción de leche		
Mcal/litro 3.8%	$0.577 + 0.165 * \% \text{grasa}$	1.204
15 litros	Mcal/litro * N litros	18.06
Mantenimiento	Met basal + actividad	
Met basal 580 kg PV	$(PV) 0.75 * 0.127$	15.0
Actividad establo	10%	16.5
Act pastoreo sobre establo	20%	19.8
Gana peso	8.6	
Pierde peso	7.1	
Costo/kg	1.5	
Cambio peso en lactancia	10%	58
costo en la lactancia		87
Costo diario		0.20
Vaca en línea		38.1
Vaca seca		
Mantenimiento		19.8
Gestación	$1.115 + 0.0058 * PV$	4.5
Vaca seca		24.3
Vaca promedio	$(\text{Línea} * 12 + \text{Seca} * 2) / 14$	36.1



Cuadro 9. Estimación de requerimientos de reemplazos.

	Ecuación
Crecimiento Mcal EM/d	$-5.097 + 0.0161 \times PV \text{ (kg)} + 0.0092 \times GDP \text{ (g/d)}$
Mantenimiento en pastoreo	$(PV)0.75 \times 0.127 \times 1.1 \times 1.2$
Incremento por mortalidad	5%/año
Costo total de un reemplazo desde destete con 4 meses y 120 kg, parto a los 24 meses	13,000 Mcal
Reemplazos requeridos al año	25%
Costo anual del reemplazo	3250
Costo diario del reemplazo	8.9
Vaca promedio + su reemplazo	45.0

El promedio de oferta de alimento fue equivalente a 110 Mcal diarias, con un requerimiento promedio de 45 Mcal diarias para la vaca promedio y su reemplazo, implica que este sistema manejaría una carga de 2.45 vacas/ha con una producción diaria de leche de: 15 litros en línea \times (12/14) vacas en línea \times 2.45 vacas/ha = 31.5 litros diarios/ha. Vale decir (redondeando) que en el rancho de 9.6 vacas está en condiciones de operar con 24 vacas y una entrega diaria de 308 litros

El modelo de Chapingo con alimentación suplementaria con concentrado

En la mayor parte de países los sistemas de producción lechera intensiva bajo pastoreo han pasado a emplear niveles moderados de suplementación en todo el mundo, considerando asimismo la posibilidad que esto brinda de incrementar la carga animal, de modo tal que la respuesta se estima por hectárea y no por animal.

La estimación del nivel de suplementación requerido parte de estimar el consumo actual de energía y el consumo de energía requerido para lograr una meta de producción individual mayor. Dado que el animal deja de comer forraje de pastoreo por haber comido el concentrado suplementario, es necesario aumentar esa energía que dejó de consumirse de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{kgC} = \text{inc}/(\text{MC} - \text{MF} \times \text{S})$$

Donde:

- kgC= kg MS concentrado que deberá consumir
- inc=incremento en consumo de Mcal para lograr la nueva meta
- MC=McalEm/kg MSconc
- MF=McalEM/kg Ms forraje
- S=efecto sustitutivo (kgMS de forraje no consumido/kgMS concentrado consumido).

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo de respuesta a la suplementación. Los pasos requeridos para dicho cálculo son los siguientes:
Calcular consumo actual de forraje.

- Calcular la EM requerida para lograr la nueva meta.
- Calcular el nuevo consumo de concentrado y forraje.
- Conservando similar consumo por unidad de área, calcular nueva carga animal.
- En el análisis económico se debe incluir costo del incremento de carga animal.

Cuadro 10. Datos para el cálculo de respuesta a suplementación.

DATOS	
producción actual sin concentrado	15
grasa actual sin concentrado	3.8
meta producción con concentrado	20
grasa con concentrado	3.6
PV	580
Energía en el concentrado (Mcal/kg)	2.94
Carga en línea actual	2.15
Energía del forraje (Mcal/kg MS)	2.60
%MS concentrado	0.89
MC (Mcal/kg MS concentrado)	3.30
S efecto sustitutivo gran promedio para concentrado = 0.6	0.60



Cuadro 11. Cálculo de respuesta a suplementación.

Req EM actual producción y mantenimiento	37.9	Litros/ha meta	57.3
Requerimiento producción EM/litro $0.577+0.165*\%grasa*15$ litros	18.1	Litros adicionales l/ha/d	25.0
Mantenimiento = $(PV0.75*0.127)*1.1*1.2$	19.8	Leche \$/litro	\$3.80
Consumo de forraje = requ/mcal forraje	14.6	Leche adicional \$/ha/d	\$95.11
EM meta producción	23.4	Costo vaca anual	\$4,800.00
kg MS concentrado requerido $kgC = inc/(MC-MF*S)$	3.1	Costo vaca diario	\$13.15
Incremento de energía requerido Mcal/v/d	5.4	Vaca adicional/ha línea	0.71
kg concentrado requeridos	3.45	Vaca adicional incluyendo seca	0.83
Kg MS forraje nuevo consumo	12.5	Costo vaca adicional \$/ha /d	\$10.95
Kg forraje sustituido	2.07	Concentrado kg/ha/d	9.89
Consumo actual línea/v	14.6	Concentrado \$/kg	\$3.30
Consumo secas/v en línea	2.1	Concentrado \$/ha /d	\$32.62
Vacas actual/v en línea	16.7	Costos adicionales	\$43.58
Consumo total /ha actual	35.8	Beneficio neto de la suplementación en \$/ha/d	\$51.53
Vacas en línea, nueva meta	2.9	En rancho de 9.63 ha al año	\$181,142
Litros/ha actual	32.3		

Costo de producción

El costo de producción en términos de \$/litro se presenta en el Cuadro 12, en el que destaca el costo de alimentación que resulta 36% menor que en el sistema estabulado. Estos resultados implican que la opción es rentable considerando un precio pagado al productor de \$3.50/litro.

Cuadro 11. Costos de producción de producción intensiva de leche en pastoreo en Chapingo durante el ejercicio 2006.

Concentrado	\$0.57	Depreciación ganado	\$0.31
Forraje praderas	\$0.25	Mano de obra	\$0.40
Forraje avena	\$0.15	Renta tierra	\$0.19
Silo propio	\$0.24	Depreciación de instalaciones y equipo	\$0.12
Silo comprado	\$0.12	Mantenimiento de instalaciones y equipo	\$0.25
Alimentación	\$1.51	Combustible	\$0.08
		Demás costos	\$0.06
% Alimentación	51%	Total	\$2.94

Conclusión

En clima templado, con disponibilidad de riego, empleando praderas de alfalfa con orchard en rotación con praderas de avena con raigrás y maíz para ensilar o suministrar fresco y proporcionando cantidades modestas de concentrado, es posible obtener buenos niveles de producción con bajos costos de producción.

Literatura citada

- Améndola R. D. 2002. A dairy system based on forages and grazing in temperate Mexico. PhD thesis Wageningen University, The Netherlands. 269 pp.
- Améndola M., R., Medina L., S., Castro J., R. 2003. Precisión en la estimación de masas de forraje iii: evaluación de la exactitud. Memorias de la XXXIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. UNAM México DF. p. 436.
- Améndola R., Castillo E, and Martínez P. A. 2005. Country Pasture/Forage Resource Profiles. México. [En línea]. Disponible en <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/Counprof/mexico/Mexico.htm> (Revisado el 10 de agosto de 2005).
- FAOSTAT (2006). FAO Statistics. Disponible en www.fao.org/waicent/portal/statistics. Consultado el 23 de octubre de 2006.
- NRC (1989). Nutrient requirements of dairy cattle. 6th Revised Edition National Research Council. National Academy Press. Washington DC USA. 157 pp.
- UW (University of Wisconsin). 2007. Understanding Dairy Markets. University of Wisconsin Dairy Marketing and Risk Management Program. Disponible en http://future.aae.wisc.edu/data/weekly_values/by_area/ (Consultado el 31 de agosto de 2007).



RELATORÍA DE LA MESA DE DISCUSIÓN SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN LOS ALTOS DE JALISCO

Moderador: Othón Reynoso Campos

Participantes

1. Hugo Ernesto Flores López – Ponente, CU-Altos
2. Javier Martín Tereso – Ponente, Ruminant Research Centre de Nutreco, Holanda
3. Glen A. Broderick – Ponente, US Dairy Forage Research Center, Agricultural Research Service, USDA, Madison, Wisconsin
4. Gabriel Huitrón Márquez – Ponente, CIPEJ
5. Fernando de la Torre Sánchez – Ponente, CIRPAC-INIFAP Jalisco
6. Francisco Javier Padilla Ramírez – Ponente, INIFAP Jalisco
7. Carlos Alberto Virgen García – Ponente, Estudiante posgrado en CUAltos y consultor independiente en sistemas de producción de leche
8. Isaúl Muñoz Franco – Productor
9. Ramón Navarro Barba – Productor
10. Víctor Hugo González – Productor de leche, Presidente de la Cooperativa San Miguel Arcángel de San Miguel el Alto, Jalisco y Presidente de la UCCA

Desarrollo de la discusión

La mesa de discusión inicio actividades a las 9:00 horas con la participación del Dr. Othón Reynoso quien dio una breve introducción de las características principales que caracterizan los sistemas de producción de leche en la región de Los Altos de Jalisco, la cual junto con los datos presentados en el contexto de la Reunión Internacional, sirvió de base para abordar el tema de productividad.

Uno de los aspectos comentados se asocia a lo que se llamó “ambiente de competitividad”, el cual se asume como las condiciones sociales, políticas y económicas que facilitan el desarrollo eficiente de una actividad y es en este ambiente de competitividad donde el productor puede ser eficiente o no. En este caso, los comentarios estuvieron relacionados con las condiciones de desventaja que presentan algunos sistemas de producción nacionales con respecto a los de otros países, tales como la falta de apoyos gubernamentales (asistencia técnica, crédito, seguridad entre otros), costos de los insumos, principalmente el de los granos que últimamente se han incrementado en forma importante.

Por otro lado, se comentó acerca de la competencia con productores internacionales de acuerdo al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) que a partir del mes de enero del 2008 eliminará todas las barreras arancelarias. México importa aproximadamente el 22% de productos lácteos para satisfacer la demanda del consumo nacional. En este sentido existe un amplio

margen para que productores nacionales participen reduciendo las importaciones. Las políticas nacionales deberían fortalecer este sector a través de programas de apoyo (tecnología, crédito, infraestructura, etc.), así como creando condiciones de certidumbre en la actividad.

Por su parte, en la mesa se comentó que efectivamente, los niveles de eficiencia productiva en los hatos ganaderos, dependiendo el sistema (i.e. semi-tecnificados, familiares y doble propósito), se pueden mejorar sustancialmente, lo cual deberá llevar a los productores a lograr la eficiencia económica. Entre los aspectos reiteradamente comentados están los relacionados a los serios problemas asociados a la alimentación del ganado, la eficiencia productiva que presenta para algunos hatos serios obstáculos, los aspectos sanitarios, principalmente los asociados a brucela y tuberculosis, y los referentes a la calidad de la leche.

Se hicieron comentarios referentes a la importancia de los aspectos normativos y su vigilancia. En varias ocasiones fue comentada la importancia y responsabilidad que tienen los productores para cuidar el ambiente, haciendo manejo adecuado de excretas y desechos, así como lo referente al cuidado de los recursos naturales bajo su resguardo.

Para esto, los participantes mencionaron la gran importancia de los aspectos de organización de los productores y su integración a la cadena agro-industrial de la leche, buscando relaciones justas y convenientes.

La mesa sesionó por espacio de 1 hora con 20 minutos con el reconocimiento a la organización del evento de la 1ª Reunión Internacional de Leche y Forraje, así como a los ponentes en estuvieron incluidos, recomendando al Centro Universitario de Los Altos su continuidad para el siguiente año.



RELATORÍA DE LA MESA DE DISCUSIÓN SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN LOS ALTOS DE JALISCO

Moderador: José de Jesús Olmos Colmenero

Relator: José Ángel Martínez Sifuentes

Participantes

1. Ricardo Améndola Massiotti – Ponente, Universidad Autónoma Chapingo
2. Gregorio Núñez Hernández – Ponente, INIFAP La Laguna
3. Robert Berthiaume – Ponente, Organic Dairy Research Centre, University of Guelph, Campus d'Alfred, Alfred, ON, Canada
4. Gretchen Kuldau – Ponente, Universidad Estatal de Pensilvania, Estados Unidos
5. Joe Lauer – Ponente, Universidad de Wisconsin-Madison
6. Alfonso Peña Ramos – Ponente, INIFAP Aguascalientes
7. Oscar Rivas – Empresario de semillas, Ocotlán, Jalisco
8. Isidro Aceves – Productor de forrajes y ganadero, Tepatitlán
9. Maurilio Moreno Benicio – Asesor de la Cooperativa San Miguel Arcángel de San Miguel el Alto, Jalisco
10. Gerardo Hermosillo – Productor de leche y representante de la Cooperativa San Miguel Arcángel de San Miguel el Alto, Jalisco
11. Víctor Alemán Martínez – Investigador del INIFAP Tepatitlán
12. Humberto Ramírez Vega – Profesor CU-Altos
13. José de Jesús Olmos Colmenero – Profesor CU-Altos
14. José Ángel Martínez Sifuentes – Profesor CU-Altos

Desarrollo de la discusión

La reunión inició con la presentación de los participantes, para lo cual cada uno se presentó de manera personal, después de lo cual el moderador hizo hincapié en los objetivos de la mesa de trabajo y a continuación se presentó un panorama general de la producción de forrajes en la región Altos de Jalisco para dar pie a los comentarios por parte de los participantes.

La alimentación del ganado lechero en la región Altos de Jalisco se basa principalmente en el cultivo del maíz, el cual es utilizado principalmente de tres maneras: 1) planta completa molida después de que se deja secar en pie, se corta y se amona; 2) ensilado, sin una etapa bien definida para iniciar la cosecha; y 3) rastrojo molido, después de que el grano se cosechó por separado. La mayor parte de la superficie es de temporal. Es muy poca la superficie de otros cultivos (entre ellos: sorgo, avena, triticale y garbanzo).

Se utilizan variedades de maíz cuyo mejoramiento genético fue dirigido para producción de grano y las prácticas de manejo para producción de forraje son las mismas que para producción de grano. Se han obtenido rendimientos de 15 a 16

ton/ha de MS con maíces criollos y hasta 25 ton con híbridos. La mayor parte de los productores prefieren variedades o ecotipos criollos de maíz con grano amarillo, aunque éstos tienen problemas de acame en densidades mayores a 50,000 plantas por hectárea.

Aproximadamente el 15% de la semilla utilizada es de híbridos mejorados y 85% de semillas criollas. Los precios de la semilla varía mucho, desde \$250 hasta \$1,500 pesos el saco con aproximadamente 25 kg. Las semillas de empresas transnacionales son más caras que las locales, por lo que se utilizan en muy baja proporción.

Uno de los ganaderos presentes comentó que el maíz amarillo es más palatable y lo consume mejor el ganado, y también el grano y el rastrojo molido con grano tienen mayor precio que el maíz blanco. Sin embargo, no se han medido cuáles son las diferencias reales. Al respecto, Jesús Olmos comentó que en muchas ocasiones nos basamos más en percepciones que en datos, por lo que es conveniente evaluar si existen esas diferencias y qué es lo que las ocasiona.

Se preguntó al representante de una empresa semillera sobre las decisiones para determinar las variedades que ofrecen a los productores. La respuesta de Oscar Rivas, fue que hay un organismo gubernamental (el CCVP) que controla las evaluaciones de variedades y que actualmente también se están evaluando variedades para forraje ya que hay mayor demanda que antes. Incluso las empresas hacen investigación enfocada en estas variedades forrajeras.

Sobre este punto hubo varias intervenciones, destacando la opinión de que varias empresas evalúan en la misma localidad cada una por separado, que hay zonas donde no se hacen evaluaciones, y que en general hay esfuerzos repetidos que podrían evitarse mediante una evaluación conjunta. Gregorio Núñez sugirió que se haga una definición de las regiones productoras y se determinen las variedades para cada región; así mismo, comentó que existe una confusión acerca de los resultados ya que las empresas lo que hacen es poner lotes demostrativos sin tener diseño experimental, no hay una fecha definida para la cosecha y cortan igual todas las variedades. Al respecto, Isidro Aceves, como productor que es, mencionó que también en las siembras comerciales se corta toda la superficie al mismo tiempo para facilitar las maniobras de corte y ensilado, aunque tengan sembradas diferentes variedades. Alfonso Peña mencionó que en la parte Norte de la región Altos de Jalisco, que es una zona con menor precipitación pluvial, no se han realizado evaluaciones y también se requiere hacerlo.

A continuación Ricardo Améndola hizo una reflexión acerca de la falta de adopción de la tecnología recomendada para la producción de forrajes, preguntando si el problema está relacionado con la transferencia o en que los productores no la aceptan. Comentó que así como los productores requieren conocer las características de la tecnología, los técnicos necesitan saber cuáles son las demandas de los productores. Con base en la misma idea, Jesús Olmos añadió que



es un problema de comunicación, ya que los técnicos no sabemos comunicarnos con los productores. Al respecto Gregorio Núñez dijo que existen los dos problemas, uno relacionado con la evaluación de híbridos y otro en la adopción por los productores, y a su vez preguntó a los panelistas de Estados Unidos: ¿qué es lo que hacen allá para que los productores adopten la tecnología?

Joe Lauer respondió que ellos tienen también problemas debido a los diferentes ambientes que tienen en una misma zona geográfica. Añadió que en la misma zona usan los mismos híbridos, aunque haya localidades con diferentes ambientes, para lo cual en cada localidad evalúan variedades de ciclo corto y de ciclo largo; la calidad no varía mucho pero si el rendimiento debido a las condiciones locales. Después de esas pruebas se obtiene el rendimiento promedio de todas las localidades y no las de rendimientos más altos para no generar expectativas falsas. Mencionó también que se tiene más éxito cuando se trabaja directamente con los productores para comparar con las variedades que ellos usan, y que el reto para nosotros en México está en la mecanización del campo, para tener equipo y refacciones, adecuado para la producción de ensilados en vez usar el maíz molido.

Sobre este último punto, Isidro Aceves dijo que los productores especializados de la región ya tienen maquinaria, pero que es muy cara y no hay apoyo del gobierno, los programas enfocados al campo se quedan a medio camino. Siguiendo este punto hubo varias intervenciones con los siguientes comentarios: En Wisconsin los productores no compran maquinaria sino que rentan el equipo completo; en Holanda hay contratistas que hacen todas las labores del cultivo, el productor renta la tierra y se queda con el producto; cuando se tiene maquinaria colectiva puede haber problemas por la oportunidad en su uso, sobretodo para los productores con poca superficie; en la región Altos de Jalisco ya existen contratistas para las labores de ensilado.

Intervinieron los representantes de una cooperativa de San Miguel el Alto, quienes comentaron que tienen un técnico de planta que vive en la misma localidad y el Ayuntamiento contribuye con la cooperativa; tienen apenas un año en que se han evaluado variedades, antes era importante la cantidad de forraje que obtenían y ahora les importa la calidad junto con la cantidad.

A continuación, Robert Berthiaume comentó que el problema de maquinaria también es importante en Canadá donde hay muchos pequeños productores y también usan la maquinaria por contrato o en cooperativas para reducir costos. Su punto de vista es que el trabajo de extensionismo debe hacerse a través de demostraciones y añadió que en Canadá los productores formaron redes de granjas demostrativas para la producción de forrajes, ya que los vecinos preguntan más al productor que al "doctor" (los técnicos). También mencionó que para los productores canadienses es importante ver que el doctor tenga callos en las manos, o sea, que sepa trabajar directamente en el campo, con lo que se obtiene beneficio mutuo del investigador y el productor.

Al respecto, Oscar Rivas mencionó que también aquí se hacen demostraciones de esa manera, con los productores, pero de manera desorganizada; que se requiere ubicar áreas potenciales y hacer evaluaciones pertinentes para cada tipo de productor para cambiar el uso de ensilado por el de planta molida con grano.

A continuación Joe Lauer hizo una recomendación con tres puntos: primero, seleccionar pocas zonas en el estado y dejar que las plantas "hablen"; segundo, centrar la evaluación en pocas zonas; y tercero, que el conocimiento que llega a los productores sea sólido. Sobre este punto, Alfonso Peña comentó que ya se tiene una zonificación del potencial productivo y hay programas de mejoramiento de maíces en cada zona, pero que falta tener impacto en áreas pequeñas, porque ya se tiene para grandes zonas. En el mismo tema, Ricardo Améndola sugirió que se haga una estratificación a posteriori de la evaluación, que las plantas definan las regiones; para ello, sugiere hacer una prospección de lo que ya se tiene y reunir información de cada grupo sociocultural debido al problema de escala que se tiene con el cultivo de maíz. El doctor Lauer comentó también que si los productores se organizan para hacer las evaluaciones después las empresas también van a querer participar, para lo cual es fundamental tener una organización sólida para ver cómo responden las variedades a través del tiempo.

La doctora Gretchen Kuldau preguntó si se tienen algunas enfermedades que tengan impacto a lo cual Humberto Ramírez respondió que se evalúa sólo la incidencia de enfermedades pero no su impacto en calidad del forraje. Robert Berthiaume preguntó a su vez si también los maíces criollos se enferman y la respuesta fue que si pero menos que los híbridos, a lo cual el doctor Berthiaume sugirió que se trabaje con los criollos de aquí.

Maurilio Moreno a su vez preguntó si los transgénicos tienen ventajas y que consecuencias habría con su uso, a lo que respondió Joe Lauer que son muy buenos en el Medio Oeste de Estados Unidos pero que aquí probablemente no conviene usarlos. Al respecto, Oscar Rivas comentó que las empresas semilleras no se oponen al uso de la tecnología como la de los transgénicos, sino al monopolio que se hace con su uso, que es un problema legal y no tecnológico. El productor Isidro Aceves comentó a su vez que las variedades cambian a través del tiempo y dado que cada terreno es diferente las variedades también serán diferentes y se necesitan cambiar de acuerdo a las circunstancias.

José Ángel Martínez preguntó si las empresas semilleras tienen mejoramiento genético para variedades forrajeras, dado que tradicionalmente se han utilizado las variedades de grano para producir también forraje. La respuesta de Oscar Rivas fue que las variedades que producen más grano generalmente también producen más forraje, dado que hay una relación directa entre ambos aspectos; añadió que hay demasiados híbridos en la región, todos enfocados para grano, y que los productores tienen de donde seleccionar; también comentó que falta organizar las pruebas por localidades y que si hay disposición de las empresas para trabajar.



Comentarios finales de los participantes:

Gregorio Núñez: Se requiere entender el sistema leche-forraje y definir exactamente como encajan los forrajes en el sistema.

Humberto Ramírez: Estudiar de manera integral el sistema, incluyendo agua y contaminantes que resultan.

Robert Berthiaume: Trabajar con un esquema holístico; los forrajes son la base del sistema; hacerlo con un equipo multidisciplinario. Añadió una pregunta: ¿se sabe cómo se absorben los nutrientes del suelo por los maíces criollos?

Oscar Rivas: Estudiar primero aspectos de producción, después de calidad, y no hacerlo al revés. (Nota del relator: hubo consenso entre todos los participantes de la mesa en que primero es cantidad y después calidad, en la producción de forrajes.)

Alfonso Peña: Tener un marco de referencia, saber que demandas tienen los productores. Por ejemplo, no hay datos del maíz molido con rastrojo.

Jesús Olmos: Tener una página en internet en la estructura del CUAItos para difundir los conocimientos que se generen al respecto y que tengan calidad.

Víctor Alemán: Hacer un diagnóstico sobre la calidad de los forrajes que se utilizan en la región Altos de Jalisco. No separar la cantidad de la calidad.

Gretchen Kuldau: Junto con rendimiento y calidad, evaluar plagas y micotoxinas. Jesús Olmos comentó al respecto que en México se venden mucho los secuestrantes de micotoxinas (México es uno de los mayores consumidores de micotoxinas en el mundo) y probablemente no se requieran.

Joe Lauer: Mejor hacer un esfuerzo nacional, porque es caro el análisis con base en regiones.

Resumen

La producción de los forrajes es la base de la producción lechera, por lo que es conveniente enfocar el esfuerzo en mejorar la cantidad y la calidad de los forrajes que se producen.

En la región Altos de Jalisco se hacen muchas evaluaciones de variedades por parte de las empresas semilleras, pero de manera desorganizada y sin tener una metodología confiable, por lo que conviene organizar las evaluaciones que se hacen en la región.

Conviene ubicar las áreas potenciales para la producción de maíz y definir en que aspectos se puede tener mayor impacto: uso de variedades criollas o híbridas, calidad de la cosecha, cantidad de forraje y grano, oportunidad de la cosecha y otros.

Estudiar las características del rastrojo molido con grano, su calidad y costos de producción.

Las evaluaciones de variedades de maíz deben hacerse conjuntamente con los productores y hacer demostraciones, para poder aumentar la adopción de tecnología.