



Ciencia Ergo Sum

ISSN: 1405-0269

[ciencia.ergosum@yahoo.com.mx](mailto:ciencia.ergosum@yahoo.com.mx)

Universidad Autónoma del Estado de México  
México

Arriaga Jordán, Carlos; Espinoza, Angélica; Albarrán Portillo, Benito; Castelán Ortega, Octavio  
Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas: una alternativa para el Altiplano Central  
Ciencia Ergo Sum, vol. 6, núm. 3, noviembre, 1999  
Universidad Autónoma del Estado de México  
Toluca, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10401610>

- [Cómo citar el artículo](#)
- [Número completo](#)
- [Más información del artículo](#)
- [Página de la revista en redalyc.org](#)



Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas: una alternativa para el Altiplano Central

CARLOS ARRIAGA JORDÁN, ANGÉLICA ESPINOZA ORTEGA,  
BENITO ALBARRÁN PORTILLO Y OCTAVIO CASTELÁN ORTEGA\*

Recepción: 25 de febrero de 1999

Aceptación: 16 de abril de 1999



## **Milk Production on Cultivated Pastures: A Option for the Central Highlands**

**Abstract.** Results that show milk production from an intensive grazing on cultivated pastures as a competitive and sustainable option for livestock production in Mexico's central high plateau are presented. The objective of the projects integrated in this paper is the evaluation of the potential and the restrictions of ryegrass (*Lolium perenne* and *L. multiflorum*) and white clover (*Trifolium repens*) cultivated pastures, and that of an intensive grazing in order to increase the productivity of the farming systems. Results of the effects of the intensive grazing on milk yields, according to the type of pasture, the grazing system and the response to concentrate supplementation are reviewed. Intensive grazing on cultivated pastures allows the efficient and competitive

production of milk at moderate levels and it is economically feasible since it represents lower production costs in comparison to the production under housing. The daily inclusion of legumes in the pastures has a positive effect in an ecological sense since it reduces the use of nitrogen fertilisers. Associated pastures also show the following advantages: they have a greater herbage accumulation, a better nutritive quality, and higher milk yields. Daily production systems based upon an intensive grazing on cultivated pastures, although representing an ample range of advantages in comparison to intensive housing systems, are not the only solution to all the problems of production.

## **Introducción**

La producción de leche en México ha sido insuficiente para satisfacer la demanda debido a varios factores, como el crecimiento desigual entre la producción y la población, las crisis económicas y la reducción a los apoyos para el desarrollo agropecuario. Sin embargo, se considera que los dos factores más influyentes en la crisis del sector lechero mexicano son el control de los precios (marcó un retroceso y estancamiento en el sistema lechero mexicano) y la importación masiva de grandes volúmenes de leche descremada en polvo (ldp) (Tzintzun *et al.*, 1997; Ortiz *et al.*, 1997).

A partir de la década de 1970 y hasta el fin de 1997, se estableció una política de férreo control interno del precio de la leche, estableciendo precios tope (Castelán y Matthewman, 1996), lo que significó un impuesto negativo de alrededor del 50% en contra del productor nacional, debido a que los pequeños aumentos en el precio pagado al productor no estuvieron relacionados con los grandes incre-

\* Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias (CICA), Universidad Autónoma del Estado de México, a/c Coordinación General de Investigación y Estudios Avanzados, Instituto Literario 100, Col. Centro, 50000. Toluca, Estado de México. Tel./fax: (729) 6 55 52. Correo electrónico: caj@coatepec.uaemex.mx

Se agradece el apoyo del personal de la posta zootécnica y a los alumnos participantes en los proyectos del "Módulo de Investigación en Sistemas de Producción de Leche en Pastoreo intensivo" de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y del Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias de la UAEM.

De manera particular, a los miembros del ejido San Cristóbal por su interés y participación en el proyecto "Investigación/Extensión Participativa en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala" del Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias de la UAEM. De la misma forma, el financiamiento otorgado a los diferentes proyectos integrados en este trabajo por las siguientes instituciones: el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), la Secretaría de Educación Pública, la Universidad Autónoma del Estado de México, el Esquema México-Gran Bretaña de Cooperación de la Embajada Británica, el Consejo Británico en México, además del Prof. David Leaver (del Wye College de la Universidad de Londres). Sin el apoyo financiero de estas instancias, estos trabajos hubiesen sido imposibles.

mentos en los costos de producción (Muñoz *et al.*, 1995; García, 1997).

Las importaciones de leche descremada en polvo provocaron que, en 1994, México presentara un coeficiente de dependencia alimentaria (la proporción de la oferta nacional de un producto que es importada) para el sector lechero del 35%, de forma que México se reconoce como el principal importador de leche descremada en polvo en el mundo, por adquirir más del 70% de la oferta comercializada a nivel internacional (García, 1996).

Si bien actualmente el precio de la leche se ha liberado, y no obstante la gran demanda que existe por la leche a nivel nacional, los productores nacionales continúan enfrentando ya no sólo la competencia representada por la oferta de leche descremada en polvo reconstituida, sino que la apertura comercial representa un futuro altamente competitivo, ante la importación aún mayor de productos lácteos de bajo precio provenientes de Estados Unidos y Canadá a partir de la liberación de aranceles prevista en el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (TLC) (Muñoz *et al.*, *op. cit.*; García, 1996).

Por lo tanto, el futuro desarrollo de la producción nacional de leche debe realizarse con costos que permitan la producción competitiva en relación con los productores de los socios comerciales del TLC (Muñoz *et al.*, *op. cit.*), quienes no sólo gozan de ciertos apoyos a la producción, sino que sus condiciones climáticas y las relaciones económicas (gastos por insumos y tecnologías) les permiten la producción de grandes volúmenes de leche a precios bajos.

En términos generales, todo esto ha creado que las condiciones de producción de leche entre México y los países exportadores sean muy diferentes, lo que pone al primero en desventaja (García, 1996). Este panorama provoca que, al estar la producción de leche en términos de intercambio desiguales con respecto al resto de la economía, el logro de una competitividad ante los productores de leche de los países del norte sea difícil a través de modelos que representan altas inversiones de capital (escaso y caro en México), reflejados en un alto desarrollo tecnológico en la genética, reproducción, nutrición, alojamiento, manejo, sanidad y administración, con perspectivas reducidas de desarrollo (García, 1997). Como García (1997: 82) lo plantea, “cada vez cuesta más desde el punto de vista tecnológico producir un litro de leche, pues por el lado de la demanda cada vez se paga menos por dicho producto [sic]”.

Las perspectivas de desarrollo futuro se orientan más a sistemas de baja inversión de capital, los cuales, aunque tengan un rendimiento moderado, se logra la producción a bajos costos. Es particularmente interesante notar el caso de Nueva Zelanda, que basa su producción de leche en el pas-

toreo de praderas cultivadas donde, si bien los rendimientos de leche por vaca son la mitad de los rendimientos promedio en los sistemas intensivos de capital (y subsidios) de Estados Unidos, Europa o Israel, los costos de producción son los más bajos a nivel internacional y carecen de cualquier tipo de subsidio (*ibid.*).

Las nuevas exigencias que enfrenta la producción agropecuaria en México y en el mundo apuntan no sólo al aumento de la producción agropecuaria competitivamente, sino a que debe hacerse de manera sostenible. La sostenibilidad no debe entenderse únicamente en el contexto ecológico, sino en el económico y social. Ecológico en cuanto a desarrollar las actividades agropecuarias en armonía con un medio ambiente frágil, procurando acrecentar y mejorar la base de los recursos naturales y productivos donde se sustenta la sociedad misma; económico en tanto que los productores puedan producir para generar ingresos, y obtener beneficios para retribuir el trabajo y los costos involucrados; y, social en cuanto a satisfacer las necesidades básicas de la comunidad y contribuir al desarrollo de sus integrantes en igualdad de oportunidades (Reijntjes *et al.*, 1992), todo orientado a elevar los niveles de bienestar de los habitantes rurales, a fin de que su medio sea una opción de vida viable y satisfactoria.

En este trabajo se presentan resultados de investigaciones que proponen a la producción de leche en pastoreo intensivo de praderas cultivadas de clima templado como una alternativa real para una ganadería competitiva y sostenible en términos económicos, ecológicos y sociales para el altiplano central de México (altitudes superiores a los 1,500 msnm).

Lo anterior no sólo es reconocido por los productores de los países que tradicionalmente basan su producción en el pastoreo intensivo de praderas –Nueva Zelanda (Hodgson, 1994)–, o en las regiones europeas donde el pastoreo en la época de primavera-verano es la opción tradicional (*Ibid.*), sino que aún en Estados Unidos se considera este modelo productivo como una opción ante los problemas enfrentados por la intensificación de su propia industria lechera (Liebhardt, 1993; Murphy, 1995).

### ***1. La producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas***

Los estudios económicos de la producción de leche realizados por los autores de este trabajo en el Estado de México indican que la mayor parte de los costos de producción están representados por los de alimentación y, de éstos, la mayor parte por los costos de los alimentos balanceados que generalmente son adquiridos fuera de la explotación (Espinoza *et al.*, 1997).

Los forrajes pueden contribuir a incrementar la eficiencia productiva de las explotaciones pecuarias, pues constituyen la fuente más barata de nutrientes (Hodgson, *op.cit.*), por lo que antes que recurrir al uso de concentrados, debe asegurarse la provisión de forrajes de esta calidad.

En este sentido, la producción intensiva de leche en México ha caído en una gran dependencia en la provisión de nutrientes a través de los alimentos concentrados dando, muchas veces, poca importancia a la contribución que los forrajes de buena calidad pueden hacer a la producción de leche, de forma que más del 70% de los costos de alimentación corresponden a los alimentos concentrados (Espinoza *et al.*, 1997). Al no utilizar forrajes de alta calidad, se hacen necesarios grandes niveles de suplementación a fin de obtener los rendimientos por vaca requeridos o establecidos como meta (Albarrán, 1999).

El efecto de una buena calidad nutritiva del forraje, posible mediante la cosecha temprana, quedó de manifiesto en el trabajo clásico de Cleale y Bull (1986) donde, en raciones a partir de ensilaje de praderas mixtas, fue necesario, en un intervalo de veintidós días, aumentar la proporción de concentrado en cerca de 1% de la ración en materia seca por cada día en que la cosecha del forraje se pospuso, debido a que la concentración de fibra y lignina fue particularmente superior en el forraje tardío. Al tener menor concentración de lignina, la digestibilidad de la fibra fue significativamente mayor en las vacas alimentadas con el ensilaje de forraje temprano.

Dada la importancia de la calidad de los forrajes sobre la composición de raciones para el ganado lechero, y de la contribución que puede obtenerse de ellos en la producción de leche, una forma adecuada de proveer forrajes de buena calidad en climas templados la constituyen las praderas cultivadas de gramíneas y/o leguminosas, cuya ventaja reside en que pueden establecerse en suelos de baja calidad, además de proporcionar forraje de excelente calidad, con alta palatabilidad. Por otro lado, no existe ningún método de utilización de los forrajes que sea más económico que el pastoreo directo (Le Du y Hutchinson, 1982; Hodgson, *op.cit.*); además, el forraje de una buena pradera como alimento único es capaz de mantener rendimientos de leche superiores a 25 kg/vaca/día (Le Du y Hutchinson, *op.cit.*).

Por lo tanto, el pastoreo en praderas cultivadas surge como una alternativa tecnológica para reducir los costos de alimentación de las unidades producción de leche (Espinoza *et al.*,

1997). La posibilidad de basar la producción de leche en el pastoreo de praderas cultivadas parte de la amplia evidencia internacional (Liebhardt, *op.cit.*; Hodgson, *op.cit.*; Murphy, *op.cit.*) y una buena cantidad de experiencias nacionales<sup>1</sup> que indican que el pastoreo intensivo de praderas cultivadas es una forma eficaz para reducir los costos y lograr una producción de leche eficiente, además de hacerla más sostenible (Murphy, *op.cit.*).

Los sistemas basados en el pastoreo intensivo representan menores costos de producción que los sistemas de alimentación en pesebre, lo que permite viabilidad financiera aún con producciones modestas por vaca, aunque se obtienen producciones elevadas de leche por hectárea (Hodgson, *op.cit.*).

Las ventajas de los sistemas de pastoreo residen en su baja inversión en instalaciones, maquinaria y equipo para la alimentación de los animales, así como en menores costos de operación. El principal punto de ahorro está dado en la alimentación ya que, en pastoreo, los animales cosechan su propio alimento y las deyecciones regresan directamente a las praderas, evitando los costos del corte, conservación y acarreo de los forrajes, de la limpieza constante de las instalaciones y el manejo de grandes cantidades de estiércol. De este modo, los sistemas de producción de leche en pastoreo se caracterizan por su flexibilidad y menores costos tanto de operación como de inversión, lo que repercute en alta productividad por unidad de superficie, mano de obra y capital invertido.

Por otro lado, los sistemas de pastoreo también contribuyen a la conservación de la fertilidad de los suelos al reintegrar directamente los nutrientes contenidos en las deyecciones; contribuyen a mejorar la estructura del suelo y proporcionan una cubierta vegetal que reduce la erosión. Estos factores intervienen en aumentar la sostenibilidad ecológica de estos sistemas (Murphy, *op.cit.*).

## II. Material y métodos

Este artículo presenta y discute resultados de varios trabajos llevados a cabo por los autores, miembros del Programa de Investigación en Producción Animal Campesina del Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias (CICA) de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

Por un lado, presenta resultados de experimentos del "Módulo de Investigación de Sistemas de Producción de Leche en Pastoreo Intensivo" establecido en la posta zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UAEM entre 1987 y 1992, y que representó un proyecto de investigación en colaboración entre el CICA y la propia Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la UAEM. La posta

1. Véase Arriaga, 1979; Reyes, 1987; Uriarte, 1989; Espinoza y Martí-nez, 1989; Castelán y Jaime, 1990; Orozco, 1990; Torres y Torres, 1992; Ortiz *et al.*, *op.cit.*

zootécnica se ubica en el campus universitario de la comunidad del Cerrillo Piedras Blancas, municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México, ubicado entre las coordenadas 19° 24' latitud Norte y 99° 40' longitud Oeste, a una altitud de 2,600 msnm, predominando el clima templado subhúmedo correspondiente al c(w2) (w) b(i)g, según García (1973); presenta, además, grandes fluctuaciones entre temperaturas mínimas y máximas, con una temperatura media anual entre 12° y 18°C. Durante el invierno se presentan heladas por más de 35 días (Espinoza y Martínez, *op. cit.*), lo que hace necesario la utilización de especies forrajeras de clima templado para producir en el invierno, aprovechando que la temperatura promedio en todas las épocas del año es superior a 6.0°C, la temperatura crítica bajo la cual se suspende el crecimiento de los forrajes de clima templado (Holmes, 1989).

A partir de los resultados obtenidos en los trabajos anteriores bajo condiciones controladas, y dentro de los principios del CICA de vincular la actividad académica con el desarrollo de las comunidades campesinas del estado y llevar la investigación a un nivel de aplicación mayor, desde 1995 se realiza el proyecto "Investigación/extensión participativa en sistemas de producción de leche en pequeña escala", desarrollado por los autores a partir de una invitación de los miembros del ejido San Cristóbal, municipio de Almoloya de Juárez, Estado de México, con el fin de mejorar en conjunto sus sistemas campesinos de producción de leche. El ejido tiene una extensión de 189.75 ha de terreno ondulado característico del Valle de Toluca, se ubica a 35 km al NO de Toluca, en el municipio de Almoloya de Juárez, 19° 24' N y 99° 51' O con una altitud de 2,550 msnm, con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano c(w2) (w) b(j') (Álvarez, 1985), condiciones agroclimáticas muy similares a las de la posta zootécnica.

El propósito de estos proyectos ha sido la investigación y desarrollo de estrategias de alimentación del ganado apropiadas para los sistemas de producción de leche del altiplano central de México, en particular sistemas en pequeña escala, en el contexto señalado en la introducción. El objetivo es evaluar el potencial y limitantes de praderas cultivadas de clima templado y del pastoreo intensivo para elevar la productividad y sostenibilidad de los sistemas productores de leche.

Las praderas evaluadas se componen de variedades de ballicos perennes (*Lolium perenne*), anuales (*Lolium multiflorum*) o híbridos –denominados ballicos de ciclo intermedio–, ya sea en monocultivo o asociados en praderas mixtas con variedades de trébol blanco (*Trifolium repens*).

En relación con las especificaciones metodológicas de los diferentes trabajos integrados en este artículo, y en virtud del límite de espacio disponible, se refiere al lector a las fuentes

originales citadas en la bibliografía.

El trabajo se presenta en una primera parte revisando los resultados relativos a los rendimientos de leche de vacas alimentadas en pastoreo en cuanto al tipo de pradera y la respuesta a la suplementación con concentrados. En la segunda parte se presentan los resultados de la aplicación de esta tecnología en el mejoramiento participativo de las estrategias de alimentación del ganado en los sistemas del ejido San Cristóbal.

### III. Resultados

#### 1. Experimentación controlada en el "Módulo de investigación de sistemas de producción de leche en pastoreo intensivo"

##### a) Evaluación de praderas de ballico solo o asociado con trébol blanco

El forraje de praderas de alta calidad contiene entre 10 y 12 MJ de energía metabolizable (EM) por kg de materia seca (MS) lo cual, a libre acceso, es suficiente para cubrir los requerimientos de EM para una vaca con un rendimiento de hasta 25 kg de leche por día, representando lactaciones entre 4,500 y 5,500 kg leche/vaca/año (Hodgson, *op. cit.*), aunque existen reportes de trabajos realizados en Gran Bretaña con rendimientos hasta de 27 (Le Du y Hutchinson, *op. cit.*) y 30.2 kg leche/vaca/día (Arriaga y Holmes, 1986b) sin suplementación, lo que indica el gran potencial que tiene basar la alimentación del ganado lechero en el pastoreo intensivo.

El contenido de proteína en praderas cultivadas en pastoreo se encuentra entre 16% y 28% para praderas de gramíneas y praderas asociadas en el Valle de Toluca (Quintanar y Domínguez, 1988; Orozco, *op. cit.*; Torres y Torres, *op. cit.*). Si bien desde 1980 los requerimientos de proteína de los rumiantes se expresan en términos de proteína degradable y no degradable en el rumen, a partir de la publicación del Consejo para la Investigación Agropecuaria –*Agricultural Research Council*– del Reino Unido (ARC, 1980), los contenidos de proteína cruda mencionados satisfacen los requerimientos proteicos de vacas con rendimientos moderados de leche como se obtienen en sistemas de producción basados en pastoreo. Lo anterior se estipula en virtud de que, de acuerdo con el mismo ARC (1980), los requerimientos de proteína no degradable en rumen para una vaca estándar de 500 kg de peso vivo produciendo hasta 20 kg/vaca/día de leche con 40 g de grasa butírica/kg de leche, corresponden al 21% de la proteína total en promedio para dietas de baja, media y alta densidad energética, y del 25.3% para rendimientos hasta de 30 kg/vaca/día con dietas de una densidad energética media (ARC, 1980: 155-Cuadro 4.20). Esa misma publica-

CUADRO 1				
EFECTO DEL TIPO DE PRADERA EN LOS RENDIMIENTOS DE LECHE BAJO SISTEMAS DE PASTOREO CONTINUO (KG/VACA/DÍA)				
REFERENCIA	PRADERA MON FITA (KG/VACA/DÍA)	PRADERA ASOCIADA (KG/VACA/DÍA)	DIFERENCIA (KG/VACA/DÍA)	P
OROZCO (1991)	16.1	18.6	2.5	< 0.001
TORRES Y TORRES (1992)	12.6	13.5	0.9	> 0.05

ción menciona que los forrajes de gramíneas y leguminosas en fresco o congelados corresponden al grupo “B” de alimentos en función de la degradabilidad de su proteína, es decir, con una degradabilidad entre el 0.51 y el 0.70 (*Ibid.*: 135-Cuadro 4.6).

En México, la producción de leche basada en el pastoreo intensivo de praderas cultivadas ha demostrado disminuciones importantes en los costos de producción en comparación con la estabulación tradicional (Arriaga, 1979); y en el Valle de Toluca, en el Estado de México, se han obtenido producciones entre los 7 y los 18 kg de leche/vaca/día dependiendo de la etapa de lactación, la época del año, la carga animal y de condiciones de las praderas.<sup>2</sup>

Los trabajos del “Módulo de investigación de sistemas de producción de leche en pastoreo intensivo” de la UAEM se iniciaron con el objetivo de evaluar, bajo las condiciones controladas de una posta zootécnica universitaria, el potencial de la producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas para las condiciones del Valle de Toluca.

Uno de los aspectos estudiados fue el efecto de la asociación del trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Huia) en una pradera de ballico perenne (*Lolium perenne* cv. Elleté) con el propósito de probar la hipótesis establecida en la literatura internacional de que las praderas de gramíneas con leguminosas (como el trébol blanco) resultan en mayor producción animal comparadas con praderas monófitas de gramíneas.

De igual manera, las leguminosas son importantes porque proporcionan nitrógeno a las gramíneas, debido a su simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium*, lo que disminuye las necesidades del fertilizante nitrogenado, abaratando los costos de producción del forraje. Una proporción de 20-30% de leguminosas en la pradera aporta 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea por año (Hodgson, *op. cit.*). Además el trébol blanco (*Trifolium repens*) es la leguminosa más usada en mezclas para praderas debido a su alta productividad ani-

mal demostrada en la mayoría de las praderas mejoradas (Thomson, 1984).

El cuadro 1 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de praderas asociadas en comparación con praderas monófitas de ballicos en el Valle de Toluca.

En el primer experimento (Orozco, *op. cit.*), con vacas en lactación temprana, el pastoreo de praderas asociadas de ballico perenne y trébol blanco produjo un rendimiento promedio de 18.6 kg leche/vaca/día comparado con un rendimiento de 16.1 kg leche/vaca/día cuando pastorearon la pradera monófitas de ballicos, es decir, un 15.5% superior, diferencia altamente significativa ( $P < 0.001$ ).

En la segunda evaluación, con vacas en lactación más avanzada, Torres y Torres (*op. cit.*) encontraron una diferencia no significativa ( $P > 0.05$ ) de 0.9 kg leche/vaca por día a favor de la pradera asociada de ballico-trébol blanco (cuadro 1).

La diferencia del 15.5% (2.5 kg/vaca/día) a favor del pastoreo de praderas asociadas, en el trabajo de Orozco (1990), con vacas en lactación temprana se atribuye tanto a una mayor disponibilidad de forraje de la pradera mixta como a una mayor calidad nutritiva, lo que permitió una mayor selección por parte de las vacas (*ibid.*); este resultado se explica porque los bovinos en pastoreo seleccionan las plantas más nutritivas y de más alta digestibilidad de la pradera (Holmes, *op. cit.*). Thomson (*op. cit.*) establece que las diferencias en el rendimiento de praderas asociadas en comparación con praderas monófitas de gramíneas está dado por un mayor consumo voluntario de praderas asociadas, además de que la proteína de las leguminosas es menos degradable y, por lo tanto, resulta en un mejor flujo duodenal de aminoácidos. Con respecto a la mayor disponibilidad de forraje, Orozco (*op. cit.*) reporta una masa herbácea consistentemente mayor para la pradera asociada en todos los periodos de medición, con 6,999 kg en la pradera asociada, comparada con 4,321 kg materia verde/ha en la pradera de ballico ( $P < 0.001$ ). No obstante que utilizó altas dosis de nitrógeno de 46 kg/ha/cada 28 días para la pradera monófitas y sólo de 23 kg/ha/cada 28 días para la pradera asociada, estos resultados corroboran la capacidad de producción y disponibilidad de forraje de las praderas mixtas que, con menos fertilizante nitrogenado (50%) que las praderas monófitas, tuvieron una mayor disponibilidad.

La respuesta respecto al rendimiento de leche del trabajo de Orozco (*Ibid.*) concuerda con lo reportado por Thomson (*op. cit.*), quien en una revisión de diferentes trabajos sobre la respuesta en rendimientos de leche por vacas en pastoreo de praderas de gramíneas o de trébol blanco, reporta un incremento promedio de 2.7 litros de leche/vaca/día, equivalente al 16%; y sobre la respuesta al pastoreo de praderas mix-

2. Véase Espinoza y Martínez, 1989; Mancilla y Ambrocio, 1989; Uriarte, *op. cit.*; Castelan y Jaime, 1990; Orozco, *op. cit.*; Torres y Torres, *op. cit.*

tas, reporta incrementos en el consumo de materia seca y un 13.2% más en la producción de leche en vacas con acceso a forraje *ad libitum* de praderas con una proporción 50/50 de pasto y trébol.

Los resultados del experimento de Torres y Torres (*op. cit.*) donde se encuentra una diferencia, aunque no significativa, del 7.1% a favor de la pradera asociada, concuerdan con los del trabajo de Wilkins *et al.* (1994) quienes, en un experimento con vacas (en su primer tercio de lactación) pastoreando praderas mixtas con diferentes densidades de trébol, reportan que el tratamiento 1 con densidad de trébol de 0.1% obtuvo rendimientos promedio de 25.8 l/vaca/día; el tratamiento 2 con 15% de trébol los rendimientos fueron de 27.8 l; y para el tratamiento 3 con 20% de trébol los rendimientos de leche fueron 27.8 l, registrados durante diez semanas. Se observó una diferencia significativa en la producción de leche entre las tres densidades de trébol estudiados, y fue significativamente mayor a partir de las praderas con 15% de trébol que representa una diferencia en rendimiento de leche del 7.8%.

Journet y Demarquilly (1983) recomiendan limitar la proporción de trébol blanco en la pradera al 20-40% para evitar problemas de timpanismo, pues los vacunos son altamente susceptibles.

**b) Suplementación de concentrados a vacas lecheras en pastoreo**

En México, los suplementos (generalmente suministrados en forma de alimentos balanceados producidos a partir de granos de cereales y pastas proteínicas) tienden a ser caros en relación con el costo de los otros componentes de la producción y, como estudios recientes muestran (Espinoza *et al.*, 1997), tienden a ser el principal componente de los costos de alimentación en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

Por lo tanto, uno de los objetivos de los trabajos del “Mó-

dulo de investigación de sistemas de producción de leche en pastoreo intensivo” de la FMVZ y el CICA de la UAEM fue evaluar la respuesta a la suplementación con subproductos agroindustriales de vacas lecheras en pastoreo continuo intensivo en praderas cultivadas de ballico perenne (*Lolium perenne cv. Barlatra*); el cuadro 2 presenta los resultados de estos trabajos.

En el Valle de Toluca, Mancilla y Ambrocio (*op. cit.*) compararon la suplementación con 4 kg de alimento balanceado comercial o de acemite de trigo con un tratamiento sin suplemento dado a vacas lecheras en pastoreo de una pradera de ballico perenne variedad *Barlatra*, no encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los dos suplementos, pero sí observaron una respuesta significativa ( $P < 0.05$ ) a la suplementación, con 0.6 kg leche/kg de suplemento. La ausencia de diferencias estadísticas entre los dos tipos de suplemento apuntaron a la utilización del acemite de trigo en tres experimentos, o el salvado de trigo en el cuarto experimento. Ambos son subproductos de la industria harinera de la región, atractivos como suplemento para vacas lecheras en virtud de su menor precio en relación con el alimento balanceado comercial (*ibid.*).

En un trabajo posterior, Uriarte (*op. cit.*) reportó una respuesta a la suplementación con acemite de trigo de sólo 0.127 kg de leche por kilogramo de suplemento por vacas lecheras en inicio de lactación, lo cual no fue significativa ( $P > 0.05$ ). La baja tasa de respuesta resulta difícil de explicar, no obstante una disponibilidad de forraje que aparentemente limitó el consumo de MS por las vacas (Quintanar y Domínguez, *op. cit.*).

Por otro lado, Espinoza y Martínez (*op. cit.*), quienes utilizaron el mismo suplemento, obtuvieron una respuesta a la suplementación de 0.44 kg de leche/kg de suplemento, respuesta que en este caso sí fue significativa ( $P < 0.05$ ). No obstante los resultados significativos en el experimento 1 (Mancilla y Ambrocio) y en el 3 (Espinoza y Martínez), las respuestas no fueron económicamente redituables.

CUADRO 2						
RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN CON CONCENTRADOS POR VACAS LECHERAS EN PASTOREO DE PRADERAS CULTIVADAS DE BALLICO PERENNE						
EXP.	REFERENCIA	PASTOREO (KG/VACA/D'A)	PASTOREO + SUPLEMENTO (KG/VACA/D'A)	TIPO DE SUPLEMENTO	RESPUESTA (KG LECHE/ KG SUPLEMENTO)	P
1	MANCILLA Y AMBROSIO (1989)	10.04	11.93 - ACEMITE 12.94 - BALANCEADO	4.0 KG/D ACEMITE 4.0 KG/D BALANCEADO	0.60	< 0.05
2	URIARTE (1989)	15.0	15.5	4.0 KG/D ACEMITE	0.13	> 0.05
3	ESPINOZA Y MARTÍNEZ (1989)	9.11	11.1	4.0 KG/D ACEMITE	0.49	< 0.05
4	CASTELÁN Y JAIME (1990)	6.8	7.5	4.0 KG/D ACEMITE	0.18	> 0.05
5	TORRES Y TORRES (1992)	12.0	14.0	4.0 KG/D SALVADO	0.50	< 0.05

EXP. = NÚMERO DE EXPERIMENTO DE SUPLEMENTACIÓN.



Los resultados de Espinoza y Martínez (1989) son similares a la respuesta a la suplementación con salvado de trigo (4 kg/vaca/día) que obtuvieron Torres y Torres (1992), la cual fue de 0.5 kg/leche/kg de suplemento ( $P < 0.05$ ). Aunque ligeramente mayor a la encontrada por Espinoza y Martínez (*op. cit.*), es de suficiente magnitud para representar una mejor viabilidad económica, dada también por el menor costo del salvado de trigo en relación con el acemite de trigo.

Las respuestas de los experimentos 1, 3 y 5 a la suplementación con subproductos de trigo son similares a la reportada por Arriaga (1979) en la evaluación de la suplementación con concentrados balanceados a vacas en pastoreo rotacional intensivo en el norte del estado de Guanajuato, donde encontró una respuesta de 0.4 kg de leche/kg de concentrado suplementado, a pesar de que la respuesta no fue económicamente viable.

De igual manera, estos resultados son comparables con los encontrados en otros países. En una exhaustiva revisión bibliográfica de trabajos desarrollados eminentemente en Europa, Journet y Demarquilly (*op. cit.*) encuentran una respuesta promedio de 0.4 kg de leche/kg de concentrado suministrado, lo cual en la mayoría de las situaciones productivas no es redituable.

Estos estudios indican que la respuesta a la suplementación con concentrados por vacas lecheras en pastoreo es limitada. Aun con vacas de muy alto rendimiento, Arriaga y Holmes (1986b), en Gran Bretaña, reportan un efecto a la suplementación de 5 kg/día de concentrado balanceado en comparación con una base de 1 kg de concentrado como vehículo de un marcador de consumo de sólo 0.51 kg de leche/kg de concentrado que, no obstante ser altamente significativa ( $P < 0.001$ ), tampoco fue económicamente viable.

La baja respuesta en producción de leche a la suplementación con concentrados está vinculada al tipo de suplemento que se ofrece, y se explica en función de que los concentrados basados en cereales (los más comunes) deprimen la digestibilidad del forraje (y de la dieta en general) por el efecto de los carbohidratos rápidamente fermentables, de manera que existe un gran efecto de sustitución y un bajo incremento en el aporte de nutrientes (Arriaga y Holmes, 1986a). A mayor calidad de forraje base, mayor es el efecto detrimental sobre la digestibilidad que tienen los concentrados basados en cereales. Lo anterior se sustenta en el experimento 2, realizado en los meses de abril y mayo, cuando el

3. En el que evaluaron la suplementación con acemite de trigo a vacas lecheras en lactación avanzada, en condiciones muy difíciles para la producción de leche en pastoreo dado que las praderas se encontraban anegadas.

crecimiento del forraje fue muy vigoroso y de alta calidad (Quintanar y Domínguez, *op. cit.*).

Los resultados de estos trabajos apuntan al hecho de que la suplementación mediante concentrados de vacas lecheras en pastoreo de praderas cultivadas de clima templado debe de ser estratégico, porque la respuesta en el rendimiento de leche en la mayoría de los estudios no es económicamente viable. Esto ocurre cuando se tiene una carga animal alta en épocas con disponibilidad ilimitada de forraje; entonces el uso de suplementos puede ser una forma de evitar la caída de la producción de leche, peso y condición corporales en comparación con las vacas que no reciben suplemento (Espinoza, y Martínez, *op. cit.*).

No obstante, Castelán y Jaime (*op. cit.*) en el experimento 4<sup>3</sup> encontraron una respuesta no significativa ( $P > 0.05$ ) de sólo 0.18 kg leche/kg de suplemento, a pesar de los rendimientos bajos del tratamiento control sin suplementación. La explicación de la respuesta baja a la suplementación bajo condiciones críticas, pudiera encontrarse en el comportamiento de las vacas al pastoreo donde, debido a las condiciones difíciles, las vacas suplementadas quizá cedieran a las limitantes del consumo impuestas por la pradera, obteniendo la mayor parte de sus nutrientes del suplemento ofrecido, y reduciendo significativamente sus tiempos de pastoreo (*ibid.*).

## **2. Evaluación participativa del pastoreo de praderas cultivadas en sistemas campesinos de producción de leche en el Valle de Toluca**

El proyecto "Investigación/extensión participativa en sistemas de producción de leche en pequeña escala", aquí discutido, se desarrolla desde marzo de 1995, y es producto de una invitación hecha por personal del Distrito de Desarrollo Rural No. 1 Toluca (DDR) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), invitación ampliada por los miembros del ejido San Cristóbal, municipio de Almoloya de Juárez, para que investigadores del CICA realizaran trabajos en conjunto con los productores para el mejoramiento de sus sistemas de producción de leche (Arriaga *et al.*, 1997).

El proyecto tiene como fin primordial contribuir con los propios productores a mejorar sus condiciones de vida mediante el incremento de la productividad y sostenibilidad de sus sistemas de producción de leche, bajo un concepto amplio de sostenibilidad ambiental, social y económica (Reijntjes *et al.*, *op. cit.*). La realización del proyecto permite, además, generar conocimientos sobre el potencial y las limitantes de la producción de leche como una opción de desarrollo rural.

El trabajo de Arriaga *et al.* (1998) presenta el enfoque



CUADRO 3

COMPARACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE UN HATO EN PASTOREO DE PRADERAS DE BALLICO/TRÉBOL Y OTROS HATOS (DEL 20 DE AGOSTO AL 24 DE OCTUBRE DE 1995)

	SEMANAS										PROM
	1A.	2A.	3A.	4A.	5A.	6A.	7A.	8A.	9A.	10A.	
PASTOREO INTENSIVO											
N = 6 VACAS	20.8	19.0	18.7	18.6	17.7	16.0	15.9	17.3	18.5	19.3	18.1
OTROS HATOS											
N = 18 VACAS	12.9	12.8	12.7	12.4	12.5	12.4	12.7	12.9	12.9	11.9	12.6

FUENTE: ARRIAGA ET AL., 1997.

metodológico utilizado en este y otros proyectos del Programa de Investigación en Producción Animal Campesina del CICA, enmarcados fundamentalmente en la “Investigación participativa rural con productores agropecuarios” y sus diferentes métodos (Anderson y Rietbergen-McCracken, 1994; Pretty *et al.*, 1995), adscribiéndose de manera específica al Desarrollo Participativo de Tecnología (Reijntjes *et al.*, *op. cit.*).

Un aspecto de interés especial para los productores es el desarrollo de estrategias de alimentación del ganado apropiadas para sus sistemas de producción, lo que se ha venido realizando a través de la evaluación del potencial y limitantes de praderas cultivadas y del pastoreo del ganado para elevar la productividad y sostenibilidad de este agroecosistema.

En el ejido San Cristóbal, en el Valle de Toluca, se lleva a cabo la evaluación de praderas cultivadas de ballicos perennes y anuales (*Lolium perenne cv. Nui* y *Barvestra* y *L. multiflorum cv. Beebuilder*, respectivamente) solos o asociados con trébol blanco (*Trifolium repens cv. Kopu* y *Ladino*), y su utilización mediante el pastoreo como una opción tecnológica para el mejoramiento de los sistemas campesinos de producción de leche. La introducción de praderas y pastoreo fue decidida por los productores durante un taller de ordenamiento de preferencias (en el inicio del proyecto) como un par de elementos que podría mejorar la alimentación de sus hatos y, por lo tanto, la productividad de sus sistemas. En el proyecto participan los 37 hatos identificados en los que se ordeña por lo menos una vaca, representando a las 43 cabezas de actividad agropecuaria dedicadas a la producción de leche en el ejido (Arriaga *et al.*, 1997).

Con el objetivo de ilustrar el efecto que puede tener en la producción de leche el pastoreo en comparación con la alimentación del ganado lechero en confinamiento, se llevó a cabo una sencilla evaluación entre los rendimientos de leche al incluir el pastoreo de praderas cultivadas en oposición a la alimentación tradicional en pesebre que practica la mayoría de los productores del Valle de Toluca.

Se llevó a cabo un experimento (con una duración de diez

CUADRO 4

PRUEBA “T” DE STUDENT PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES COMPARANDO EL RENDIMIENTO DIARIO DE LECHE DE VACAS EN PASTOREO CONTRA VACAS EN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN PESEBRE (KG/VACA/DÍA)

PASTOREO INTENSIVO	ALIMENTACIÓN EN PESEBRE	DIFERENCIA	VARIANZA COMPUESTA	EED
N = 6	N = 18			
18.1	12.6	5.5	6.190	1.173 ***

EED = ERROR ESTIMADOR DE LA DIFERENCIA ENTRE MEDIAS.

\*\*\* = P < 0.001

FUENTE: ARRIAGA ET AL., 1997.

semanas), en el que se registraron una vez por semana los rendimientos de leche de seis vacas (de un total de diez) de un productor participante, quien pastoreó sistemáticamente su ganado en praderas de ballico perenne variedad Lynn (*Lolium perenne*) dominada por trébol blanco cv. “holandés” (*Trifolium repens*) con una fuerte invasión de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*); los resultados del experimento fueron comparados con los rendimientos de otras dieciocho vacas de cuatro productores más, también participantes en el proyecto (*ibid.*).

El rendimiento medio de leche de las vacas alimentadas incorporando el pastoreo intensivo se confrontó (cuadros 3 y 4) con la media del rendimiento de las vacas que se alimentaron en pesebre mediante una prueba “t” de Student para comparación de muestras independientes (Steele y Torrie, 1985). Las vacas en pastoreo tuvieron un rendimiento medio de 18.1±0.475 vs. 12.1±0.092 kg/vaca/día de las vacas que no pastorean, diferencia altamente significativa (P<0.001) (cuadro 3 y 4).

Estos resultados provocaron gran interés en los demás miembros del ejido, quienes establecieron diferentes superficies de pradera aunadas a las existentes antes de iniciar el proyecto y, en diferente grado, incorporaron el pastoreo de

CUADRO 5

RENDIMIENTOS EN KG LECHE/VACA/DÍA EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL VALLE DE TOLUCA. ALIMENTACIÓN MIXTA PASTOREO/ENSILAJE DE MAÍZ/3.0 KG CONCENTRADOS

OTO O (25 SEP-17 DIC)	INVIERNO (23 DIC-18 MAR)	PRIMAVERA (25 MAR-17 JUN)	VERANO (26 JUN-18 SEP)	PROMEDIO GENERAL
14.6	12.8	15.8	15.7	14.7

estas praderas en las estrategias de alimentación de sus hatos (Arriaga *et al.*, 1998).

A partir de lo anterior, el proyecto llevó a cabo el monitoreo longitudinal de unidades de producción que adoptaron el pastoreo de sus praderas con un diferente nivel de intensidad a fin de documentar, bajo condiciones de campo, el efecto de incorporar esta tecnología a los sistemas campesinos de producción de leche en el Valle de Toluca (Albarrán, *op. cit.*).

El cuadro 5 ilustra los resultados obtenidos por uno de los productores participantes que ha aceptado de manera más intensa las propuestas del proyecto fundamentadas en los resultados de los trabajos de experimentación controlada discutidos anteriormente. El monitoreo se llevó a cabo a lo largo de un año de registro (del 25 septiembre de 1996 al 18 de septiembre de 1997) de la producción de su hato de quince vacas (doce en ordeño constante).

Este productor incorporó el pastoreo de praderas en un sistema mixto combinado con ensilado de maíz y sólo 3 kg de concentrado balanceado comercial/vaca/día (*ibid.*); se tiene documentado, entonces, que la producción de leche de sus vacas se reduce en 1.8 kg de leche/vaca cuando por alguna razón no pueden salir a pastorear (*ibid.*).

Estos resultados indican el potencial para la producción eficiente de leche a partir de un uso intensivo de los recursos forrajeros de buena calidad producidos en la misma unidad de producción (pradera y ensilado de maíz) como base de la alimentación del hato, logrando buenos rendimientos de leche con un uso mínimo de alimentos concentrados, en comparación con productores que, en términos generales, usan dos o tres veces más cantidad de concentrados por vaca cada día (Albarrán, 1999).

En virtud de lo anterior, este productor tiene índices económicos muy favorables, de forma que obtiene la mejor relación ingresos/costos en efectivo en comparación con otros productores, además de uno de los menores costos de producción por litro de leche (Arriaga *et al.*, en prensa). Los buenos resultados de este experimento marcan el potencial productivo y económico de la producción de leche basada en el pastoreo de praderas cultivadas, enfatizando los sistemas en pequeña escala.

### Conclusiones

A partir de la experiencia acumulada, es posible derivar las siguientes conclusiones con respecto a la producción de leche mediante sistemas de pastoreo de praderas cultivadas de clima templado:

**a)** El pastoreo intensivo de praderas cultivadas permite la producción eficiente y competitiva de leche a niveles moderados.

**b)** La inclusión de trébol blanco en las praderas resulta mayor rendimiento de leche, en particular en vacas en etapas tempranas de lactación. Los mayores rendimientos de leche se explican en función de la mayor producción de forraje obtenida de la pradera asociada, que favorece un mayor consumo y mejor selección del animal.

**c)** Igualmente, las praderas asociadas tienen un efecto positivo en el sentido ecológico, puesto que permite reducir la necesidad de fertilizantes nitrogenados lo que da lugar a sistemas ecológicamente más sostenibles.

**d)** La suplementación de concentrados a vacas en pastoreo de praderas cultivadas representa pequeñas respuestas en los rendimientos de leche por kilogramo de concentrado suplementado que, en términos generales, no son económicamente viables.

**e)** La producción de leche basada en el pastoreo de praderas cultivadas es una tecnología apropiada para sistemas de producción de leche en pequeña escala, redundando en rendimientos de leche superiores a la alimentación tradicional en pesebre con un menor uso de alimentos concentrados.

**f)** Lo anterior permite reducir los costos de producción y aumentar la viabilidad económica de estos sistemas. ☺



### BIBLIOGRAFÍA

- Agricultural Research Council (ARC) (1980). "The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Technical Review by an Agricultural Research Council Working Party", en *Commonwealth Agricultural Bureaux*. Farnham Royal, Gran Bretaña.
- Albarrán Portillo, B. (1999). *Evaluación del pastoreo de praderas irrigadas en las estrategias de alimentación de sistemas de producción de leche en pequeña escala*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca.
- Álvarez C., J. (1985). *Monografía municipal: Almoloya de Juárez*. Gobierno del Estado de México.
- Anderson, S. y Rietbergen-McCracken, J. (1994). *El diagnóstico participativo: un manual aplicado de técnicas* [Mimeógrafo]. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.

- Arriaga Jordán, C.  
 \_\_\_\_ (1979). *Efecto de la suplementación de concentrados en la producción de leche de vacas en pastoreo intensivo de praderas irrigadas*. Tesis profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- \_\_\_\_ y Holmes, W. (1986a). "The Effect of Cereal Concentrate Supplementation on the Digestibility of Herbage-based Diets for Lactating Dairy Cows", en *Journal of Agricultural Science (Camb.)* No. 106, pp. 581-592.
- \_\_\_\_ y Holmes, W. (1986b). "The Effect of Concentrate Supplementation on High Yielding Dairy Cows Under two Systems of Grazing", en *Journal of Agricultural Science (Camb.)* Núm. 107, pp. 453- 461.
- \_\_\_\_; Espinoza Ortega, A.; Castelán Ortega, O.; Rojo Guadarrama, H.; Valdés Martínez, J. L. y Albarrán Portillo, B. (1997). "Resultados en el mejoramiento participativo de sistemas campesinos de producción de leche en el Valle de Toluca", en Rivera Herrejón, G.; Arellano Hernández, A.; González Díaz, L. y Arriaga Jordán, C. (Coords). *Investigación para el desarrollo rural: diez años de experiencias del CICA*. Coordinación General de Investigación y Estudios de Posgrado. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. p. 319-351.
- \_\_\_\_; Sánchez Vera, E.; Espinoza Ortega, A. y Velázquez Beltrán, L. (1998). "Innovación tecnológica y desarrollo participativo: el caso de forrajes cultivados en sistemas de producción campesinos en el Estado de México", en *Ciencia ergo sum*. Vol. 5, Núm. 1. pp. 63-72.
- \_\_\_\_; Espinoza Ortega, A.; Rojo Guadarrama, H.; Valdés Martínez, J. L.; Sánchez Vera, E. y Wiggins, S. (en prensa). "Evaluación socioeconómica preliminar de la producción campesina de leche en el Valle de Toluca: I. Evaluación económica", en *Agrociencia*, 33.
- Castelán Ortega, O. A. y Jaime Álvarez, S. O. (1990). *Respuesta a la suplementación con acemite de trigo por vacas lecheras en su segundo tercio de lactación en pastoreo continuo intensivo*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Castelán, O. y Matthewman, R. (1996). "Situación y perspectivas de la industria lechera en México con énfasis en lechería en pequeña escala", en Castelán, O. (Compilador). *Estrategias para el mejoramiento de los sistemas de producción de leche en pequeña escala*. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. pp. 7-16.
- Cleale, R. M. and Bull, L. S. (1986). "Effect of Forage Maturity on Ration Digestibility and Production by Dairy Cows", en *Journal of Dairy Science*, 69. pp. 1587-1594.
- Espinoza O. A. y Martínez H, M. (1989). *Respuesta a la suplementación con acemite de trigo por vacas lecheras en su primer tercio de lactación*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Espinoza Ortega, A.; Arriaga Jordán, C. y Castelán Ortega, O. (1997). "Análisis económico de la producción campesina de leche en el Valle de Toluca", en *Memoria del Seminario-taller Nacional en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala*. Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias y Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 28, 29 y 30 de enero de 1997. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. pp. 94-102.
- García, E. (1973). *Modificación al sistema de clasificación climático de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- García H. L. A.  
 \_\_\_\_ (1996). *Las importaciones mexicanas de leche descremada en polvo en el contexto del mercado mundial y regional*. 2a ed. U. S. Dairy Export Council/Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco.
- \_\_\_\_ (1997). "Análisis de la pequeña producción lechera en México a partir de la renta ganadera", en *Memorias del Seminario-taller Nacional en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala*. Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias y Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. pp. 81-82.
- Hodgson, J. (1994). *Manejo de pastos. Teoría y práctica*. Diana, México.
- Holmes, W. (1989). *Grass: It's Production and Utilization*. 2nd edition. British Grassland Society by Blackwell Scientific Publications, UK.
- Journet, M. y Demarquilly, C. (1983). "Pastoreo", en Broster, W. H. y Swan, H. (eds.) *Estrategia de alimentación para vacas lecheras altas productoras*. A.G.T., México. pp. 219-234.
- Le Du, Y. y Hutchinson, M. (1982): "Grazing", en Thomas, C. y Young, J. W. O. (eds.) *Milk from Grass*. Grassland Research Institute (gri)/Imperial Chemical Industries (ici). Billingham Press Ltd., London. pp. 43-57
- Liebhart, W. C. (editor) (1993). *The Dairy Debate: Consequences of Bovine Growth Hormone and Rotational Grazing Technologies*. Sustainable Agriculture Research and Education Program/University of California. Davis, California.
- Mancilla, J. J. y Ambrocio, V. (1989). *Efecto de la suplementación con concentrado comercial o acemite de trigo en la producción de vacas lecheras en pastoreo continuo intensivo de praderas irrigadas en época de invierno*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Muñoz, M.; Odermatt, P. y Altamirano, R. J. (1995). *Retos y oportunidades del sistema de leche ante la apertura comercial*. Reporte de investigación No. 29. Publicado por el CIESTAAM. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco.
- Murphy, B. (1995). "Pasture Management to Sustain Agriculture", en Altieri, M. *Agroecology*. 2nd edition. Westview Press/Intermediate Technology Publications. Boulder/London.
- Orozco de la Isla, M. (1990). *Efecto del tipo de pradera sobre la producción de vacas Holstén en pastoreo continuo intensivo en época de primavera*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Ortiz, G. A.; Piña C, B. A. y Martínez R. J. L. (1997). "El modelo GGVATT como estrategia para incrementar la producción de leche en pastoreo

- en la región montañosa de Veracruz, Acatlán, Veracruz”, en *Memorias del Seminario Taller Nacional en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca.
- Pretty, J. N.; Guijt, I.; Scoones, I. y Thompson, J. (1995). *A trainer's guide for participatory learning and action*. IIED Participatory Methodology Series. Sustainable Agriculture Programme/International Institute for Environment and Development. London.
- Quintanar G., E. y Domínguez V., I. (1988). *Evaluación de una pradera de ballico perenne (Lolium perenne) bajo pastoreo continuo intensivo por vacas lecheras en primavera-verano*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca.
- Reijntjes, C.; Haverkort, B. y Waters-Bayer, A. (1992). *Farming for the future: An Introduction to Low-external-input and Sustainable Agriculture*. Macmillan Press and ILEIA. London.
- Reyes, M. F. E. (1987). “Producción de leche en praderas de Ballico perenne (*Lolium perenne*) en Durango”, en *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México*. (SARH-UNAM). pp. 217-218.
- Steel, R. G. D. y Tonie, J. H. (1985). *Bioestadística*. McGraw-Hill, México, D.F.
- Thomson, D. J. (1984). “The nutritive value of white clover”, en Thomson, (ed.) *Foraje Legumes*, 78-92. *Occ. Symp.* No. 16. British Grassland Society. Hurley.
- Torres V., S. y Torres F., N. (1992). *Efecto del tipo de pradera y de la suplementación con salvado de trigo sobre la producción de leche de vacas Holstein pastoreando praderas irrigadas en época de primavera-verano en el Valle de Toluca*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Tzintzun R., R.; García V., A.; Garcidueñas P., R.; Méndez C., D. M.; Sánchez Y., J. M.; Fernández L., H.; López T., Q.; Álvarez H., H.; Varela M., A. I.; Lara V., I.; Tena M., M. J.; Salas R., G. y Ramírez G., R. E. (1997). “La lechería familiar en la ‘Región Morelia’ del estado de Michoacán. Proyecto de vinculación Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Sector Productivo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo”, en *Memorias del Seminario Taller Nacional en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala*. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Uriarte A., E. (1989). *Respuesta a la suplementación con acemite de trigo, por vacas lecheras en el primer tercio de lactación en pastoreo continuo intensivo en praderas de Lolium perenne en primavera-verano*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Wilkins, R. J.; Gibb, M. J. y Huckle, C. A. (1994). “Lactation Performance of Spring-Calving Dairy Cows grazing Mixed Perennial Ryegrass/White Clover Swards of Differing Composition and Height”, en *Grass and Forage Science* Núm. 50. pp. 199-208.