



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

**RESPUESTA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA A LA
SUPLEMENTACIÓN EN VACAS DOBLE PROPÓSITO EN
ZACAZONAPAN, ESTADO DE MÉXICO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

SHEREZADA ESPARZA JIMÉNEZ

EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, ENERO DE 2012



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**RESPUESTA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA A LA
SUPLEMENTACIÓN EN VACAS DOBLE PROPÓSITO EN
ZACAZONAPAN, ESTADO DE MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

SHEREZADA ESPARZA JIMÉNEZ

COMITÉ TUTORAL

DR. BENITO ALBARRÁN PORTILLO. TUTOR ACADÉMICO

DR. ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ. TUTOR ADJUNTO

DR. OCTAVIO A. CASTELÁN ORTEGA. TUTOR ADJUNTO

EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, ENERO DE 2012

La presente Tesis titulada: “Respuesta Productiva y Económica a la Suplementación en vacas doble propósito en Zacazonapan, Estado de México” fue realizada por la C. Sherezada Esparza Jiménez, bajo la dirección del Comité Tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias

Comité Tutorial

Tutor académico

Dr. Benito Albarrán Portillo

Tutor adjunto

Dr. Anastacio García Martínez

Tutor adjunto

Dr. Octavio A. Castelán Ortega

Toluca de Lerdo, México, Enero de 2012.

Página intencionalmente en blanco

Resumen

Se evaluó el efecto de tres tipos de concentrado con dos niveles de proteína cruda (PC) sobre rendimiento y composición de leche, nitrógeno ureico en leche (NUL), y viabilidad económica en vacas en lactación en la época de estiaje. Se utilizaron seis vacas pardo suizo en un arreglo de cuadro latino 3x3 repetido. El tratamiento control consistió en maíz-mazorca molida mezclada con concentrado comercial (50:50) usado tradicionalmente por los productores (CPr) (140 g/kg de PC); los concentrados experimentales consistieron en el tratamiento CPr, más 70 g/kg de pasta de soya (160 g/kg de PC) (CE), y concentrado comercial (CC) (160 g/kg de PC). No existieron efectos significativos ($P>0.05$) de los concentrados sobre ninguna de las variables de respuesta, teniendo promedios de 6.8 kg de leche vaca/día, contenido de grasa y proteína en leche de 20.8 y 31.0 g/kg, respectivamente. El peso vivo promedio fue 495 kg/vaca y la calificación promedio de condición corporal fue de 1.5 puntos. El promedio de NUL para tratamientos fue 25.1 mg/dl, existieron diferencias significativas para periodos experimentales. El costo de producción/kg de leche por uso de concentrados fue de 2.4, 2.6 y 2.9 MX \$/kg para CPr, CE y CC, respectivamente. Se concluye que el concentrado del productor (140 g/kg PC) es el que generó menores costos de producción sin afectar los rendimientos productivos de las vacas, el uso de concentrados con niveles de 160 g/kg de PC no representa ventajas sobre los rendimientos de leche, pero sí reduce la viabilidad económica.

Summary

The aim of this experiment was to evaluate the effect of three types of concentrates with two crude protein (CP) levels on milk yields and composition, milk's urea nitrogen (MUN) and economic viability on lactating dairy cows, during the dry season in the subtropical region of the State of Mexico. Six Brown Swiss cows in their early lactation were used in a repeated 3x3 Latin Square design. Cows were supplemented with three types of concentrate with two crude protein levels (140 vs 160 g/kg/DM). Control treatment consisted of a concentrated traditionally used by farmers made of corn (grain, cob and leaves), mixed with commercial concentrate (50:50), containing 140 g/kg of CP (CPr). Experimental concentrates consisted of CPr plus 70 g/kg/DM of soybean meal in order to increase crude protein up to 160 g/kg/DM (CE), and the third treatment was commercial concentrate containing 160 g/kg/DM of CP (CC). There were no differences on response variables ($P>0.05$), milk yields (averaged 6.8 kg/cow/d), fat and protein average contents were 20.8 and 32.1 g/kg, respectively. Bodyweight and body condition score were not affected by treatments averaging 495 kg/cow and 1.5 score, respectively. Average MUN was 25.1 mg/dl, with differences among experimental periods- Milk's production cost was 2.4, 2.6 and 2.9 MX \$/kg for treatments CPr, CE and CC, respectively. The conclusion is that the farmer's traditional concentrate had the lowest production cost, without compromising cows performance, and concentrates with 160 g/kg/DM of CP had no positive impacts on milk production, but it does reduce profits.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante el periodo Agosto 2009 – Julio 2011, para llevar a término el Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

A la Universidad Autónoma del Estado de México, A través de la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados, por el apoyo al proyecto de investigación titulado “Caracterización del Sistema de Producción de Leche en Zacazonapan, Estado de México, clave 2564/2007U.

Al Ph D. Benito Albarrán Portillo por la asesoría, conducción y la invaluable amistad brindados para la realización de este trabajo, una vez más, gracias doc.

A los doctores: Anastacio García Martínez, Manuel González Ronquillo y Octavio A. Castelán Ortega, por su aporte para el enriquecimiento del trabajo.

A los productores del municipio de Zacazonapan por el apoyo a dicho proyecto, en particular al Sr. Jesús Arroyo Arroyo y familia, por su colaboración.

Al CU Temascaltepec, al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UAEM por el préstamo de sus instalaciones, sobre todo al personal de Laboratorios.

A todos mis compañeros y amigos, en especial a Juan Pedraza Hernández por su amistad y apoyo durante todo este tiempo. A Serna, Daniel, Agustín Olmedo, Agustín Hernández, Pedro y Venado, gracias por su amistad.

A los alumnos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Charly y Alex, por permitirme aprender de ustedes.

Al Médico German Gómez Tenorio, al Dr. Fernando Vázquez Armijo y a Delia Colín Morales por su estímulo y amistad.

*A **Dios** por hacer de éste, mi camino.*

*A mis **padres** por haber sido mis pilares,
a ti mamá que siempre ha estado ahí para guiarme.*

*A mi esposo Alfredo y mi hija Nahisdé
por el apoyo incondicional, cariño y paciencia
durante todo este tiempo.*

A mis hermanos, Radaid y Yussele, los quiero mucho.

*A toda la **familia Jiménez García**,
por hacerme ver la vida de manera más sencilla,
especialmente al Sr. Francisco Jiménez
por todo lo que él representa para mí. Te quiero abue.*

Contenido

Resumen	v
Summary.....	vi
Agradecimientos.....	vii
Contenido	ix
Índice de Tablas.....	xii
I. Introducción	15
II. Revisión de literatura	17
2.1 Perspectiva nacional de la producción de leche	17
2.2. Sistemas de producción de leche en México (SPDP).....	18
2.2.1. Caracterización de los Sistemas de Producción de Doble Propósito (SPDP)	18
2.2.2. Sistema de Alimentación.....	21
2.3. Suplementación de animales en pastoreo	22
2.3.1. Uso de concentrados en la alimentación de bovinos productores de leche	24
2.3.2. Requerimientos nutricionales de animales en pastoreo en función de sus rendimientos productivos	25
2.4. Consumo voluntario	25
2.4.1. Peso vivo	27
2.4.2. Fuentes Nitrogenadas de los alimentos	27

2.4.3. Metabolismo de la proteína en rumen	28
2.5. Calidad y composición de la leche	30
2.6. Nitrógeno ureico en leche.....	30
III. Hipótesis	33
3.1 Hipótesis general	33
3.2 Hipótesis específicas.....	33
IV. Objetivos	34
4.1 Objetivo general	34
4.2 Objetivos específicos.....	34
V. Justificación	35
VI.- Metodología	36
6.1. Ubicación del experimento.....	36
6.2. Selección de la unidad de producción	36
6.2.1. Caracterización de la Unidad de Producción.....	36
6.3. Unidades experimentales.....	37
6.4. Suplementos Concentrados.....	37
6.5. Mediciones en los animales.....	39
6.5.1. Peso y condición corporal	39
6.5.2. Manejo y mediciones en la leche.....	40

6.5.3. Toma de muestras y manejo de la orina	40
6.5.4. Consumo voluntario	41
6.6 Diseño experimental y análisis estadístico	42
VII. Resultados	44
7.1. Carta de envío de artículo	44
7.2. Artículo Científico	45
VIII. Conclusión	64
IX. Bibliografía.....	65

Índice de Tablas

Cuadro 1. Participación de los sistemas de producción de leche	18
Cuadro 2. Contribución de los alimentos a las necesidades de Materia Seca (MS), Proteína Metabolizable (PM) y energía metabolizable (EM), para los tratamientos.....	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 3. Asignación de tratamientos y vacas dentro del Cuadrado Latino.....	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 4. Repetición	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 5. Composición química de los concentrados.....	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 6. Contribución de los concentrados a los requerimientos de consumo de materia seca (CMS kg/vaca/d ⁻¹), proteína metabolizable (PM g/vaca/d ⁻¹) y energía metabolizable (EM MJ/vaca/d ⁻¹).....	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 7. Promedio de cuadrados mínimos de la respuesta animal al uso de suplementos con diferente nivel de PC.....	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 8. Costo por kg de leche debido al uso de suplementos;	¡Error! Marcador no definido.

I. Introducción

La leche es considerada un alimento primordial para la humanidad, debido al valor nutritivo que representa. México ocupa el décimo octavo lugar mundial dentro de los países productores de leche con una aportación de 10 mil 600 millones de litros al año (Sagarpa, 2009). De esta cifra, aproximadamente el 30% del total nacional lo aporta la lechería de doble propósito que se desarrolla en el trópico (FAOSTAT, 2010).

Las condiciones bajo las que se desarrollan los sistemas tropicales y subtropicales del país son totalmente dependientes de la utilización de forrajes como base de la alimentación del ganado, principalmente forrajes nativos o introducidos y, en muy pocos casos la producción de praderas establecidas. Sin embargo, la cantidad y calidad de estos forrajes no es constante a través del año, por lo que se hace necesaria la suplementación, principalmente en forma de concentrados comerciales, para cubrir los requerimientos nutricionales de mantenimiento y producción de las vacas, en época de escases de forraje (Bargo *et al.*, 2002). El uso de fuentes de forrajes en este tipo de sistemas, sí bien representan ventajas económicas, por su bajo costo, nutricionalmente ocasionan un desbalance en el aporte de proteína y energía de la dieta, lo cual origina una menor producción de leche, disfunciones reproductivas, y altos niveles de excreción de nitrógeno hacia el medio ambiente por el uso de concentrados. Aunado a esto, la inestabilidad de los precios del mercado de los concentrados comerciales a lo largo del año, lo cual impacta directamente en los costos de producción, ya que la alimentación es el rubro más representativo dentro de los costos de producción.

El Estado de México, participa a nivel nacional con importantes niveles de producción de leche ocupando el octavo lugar (Sagarpa, 2008). Las principales producciones se ubican en la Zona Norte con sistemas de producción intensivos, en el Valle de Toluca y Zona Centro de la entidad con las explotaciones lecheras de pequeña escala o lechería familiar; y al Sur del Estado con sistemas de doble propósito.

En los últimos años, la investigación en este campo, se ha encaminado a nivel de producción de leche en pequeña escala, trabajos como los de Arriaga *et al.*, (1996), Sánchez Vera (1996), Arriaga *et al.*, (1997 y 1998), Albarrán (1999), Castelán (2000), Heredia Nava (2003), se han enfocado a potencializar la gran variedad de productos agrícolas que se producen en este tipo de sistemas, contemplando cultivos como maíz, hortalizas y forrajes introducidos o praderas cultivadas. Estas variedades de uso de los recursos permite a los productores agropecuarios una mayor integración del sistema agrícola y pecuario, en donde se basan en gran parte, en los esquilmos que genera el cultivo de maíz y hortalizas, fortaleciendo la actividad de la lechería en pequeña escala, haciéndola menos dependiente de insumos externos a la unidad de producción (Villa *et al.*, 1998); a diferencia de los sistemas de doble propósito en el Sur del Estado, donde los insumos que utilizan los productores para la alimentación de su ganado son comprados a costos elevados y muchas veces sin la calidad necesaria para cubrir las necesidades de nutrientes de los animales.

Sin embargo, se ha demostrado que para los dos escenarios y en general, para todos los sistemas de producción de leche del país, el rubro que representa el mayor gasto en los costos de producción y particularmente en erogaciones en efectivo, es la alimentación, por lo que el desarrollo de cualquier estrategia que busque disminuir la dependencia de insumos externos y logre disminuir los costos de producción de éstos sistemas es sin duda una prioridad.

En este sentido, una alternativa es la utilización de fuentes de insumos que se generen en la misma unidad de producción o que se adquieran fácilmente y sobre todo que no estén expuestos a fluctuaciones de los precios tan marcadas a lo largo del año, permitiendo una producción eficiente de leche a menor costo.

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta productiva y económica a la suplementación con concentrados en una unidad de producción el Zacazonapan, Estado de México en la época de estiaje.

II. Revisión de literatura

2.1 Perspectiva nacional de la producción de leche

La producción de leche en México ha sido históricamente deficiente, el consumo de este producto ha sido superior a la producción del país, provocando una demanda mayor a la producción nacional; para cubrir esta demanda se hace necesaria la importación de leche de países autosuficientes en producción como son Argentina, Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos, Uruguay y países de la Unión Europea.

En 2011 se mantuvo aproximadamente en 10,877.8 millones de litros (Lactodata, 2011), siendo superior al año 2010 en 1.4%, sin embargo, no asegura una producción de autoconsumo ya que su demanda nacional aumenta con mayor aceleración que su producción.

Por otra parte, el precio de las importaciones principalmente de E.U. comparados con la leche nacional desde en el año 2008, es de hasta 50 por ciento por debajo de los costos nacionales. En México el promedio de costo de producción fue de 5 pesos por litro para 2010, sin embargo la leche importada de EU ingresa al mercado nacional en 2.50 pesos por litro, lo que ha provocado a los ganaderos nacionales serios problemas para vender su producto (Valdés, 2009), aproximadamente 1.5 millones de litros de leche diaria que los productores nacionales no logran comercializar, debido al desplazamiento que han tenido por la entrada de leche importada.

Para el desarrollo y sostenimiento de la ganadería de la leche, se requiere una alta producción de forrajes de buena calidad, ya que son la fuente principal de alimentación para el ganado y de granos como maíz y sorgo, de los cuales nuestro país es deficitario, teniendo la necesidad de importar grandes cantidades por año, por ejemplo, en 2004 se importaron para la ganadería aproximadamente 3.5 millones de toneladas de granos, para 2006, 6.8 millones de toneladas, por lo que las importaciones han ido aumentando al igual que el consumo; en 2007, en el país se produjeron 23.7 millones de toneladas de maíz y el consumo se estimó en 31.3 millones de toneladas lo que nos da como resultado que se

importaron 7.6 millones de toneladas, principalmente para uso pecuario e industrial (FAO, 2008).

Por otra parte, de octubre a diciembre del año 2006, se presentó un incremento sostenido en el precio internacional de maíz, por cambios en la política energética de los Estados Unidos de América, para utilizar el grano de maíz en la elaboración de biocombustible (etanol); provocando una alza en el costo de los insumos para los productores lecheros y en general una alza en el costo de la producción de leche (FAO, 2008).

2.2. Sistemas de producción de leche en México (SPDP)

La producción lechera en México se desarrolla en tres sistemas de producción, dentro de los cuales se encuentra el intensivo, ubicado en la Zona Centro-Norte, sistemas de producción en pequeña escala (SPLPE) en el Altiplano Central y, los sistemas de doble propósito (SPDP) o lechería Tropical, en el Sur del país. En el Cuadro 1 se presentan los números promedio para el país.

Cuadro 1. Participación de los sistemas de producción de leche

Sistema	Número Explotación	Tamaño del hato cabezas	Lactancia Promedio kg/lactancia	(%) Promedio Nacional
Lechería especializada	1,850	230	5,000	25
Lechería familiar	100,000	15	2,500	35
Doble propósito	120,000	20	700	40

Fuente: Sagarpa, 2008

2.2.1. Caracterización de los Sistemas de Producción de Doble Propósito (SPDP)

Según Vilaboa (2009), el 80% de la producción de DP se localizan en la región tropical es decir, los estados de Veracruz, (38%), la Huasteca (Veracruz, Tamaulipas, San Luís Potosí) (19%), Chiapas (16%) y Tabasco (8%).

Las condiciones ambientales bajo las que se desarrolla la ganadería de doble propósito corresponden al trópico, ya sea de tipo húmedo o seco; el primero se estima con una superficie que abarca 19 estados de la República con 30 millones de hectáreas que representa el 15 % del territorio nacional, basada en explotaciones de ganado bovino para carne, donde la producción de leche es una actividad secundaria, caracterizada por la ordeña estacional del 10% de los vientres recién paridos que muestran mayor temperamento lechero; este tipo de lechería presenta una alta estacionalidad, observándose grandes picos de producción en la época de lluvias; calculándose que en el sistema de doble propósito se ordeñan 2.3 millones de vacas, las cuales producen un 40 % de la producción nacional en más de 120, 000 explotaciones ganaderas ubicadas en el trópico húmedo y trópico seco, bajo el sistema de libre pastoreo en praderas nativas e introducidas; se hace necesaria la suplementación con concentrados, y las lactancias reportadas son cortas y con un promedio calculado en 700 litros por vaca por año, con un intervalo entre partos mayores a un año.

El Fondo Instituido en Relación a la Agricultura (FIRA, 2010), confirma que 67% del total nacional de hato lechero se localiza en el trópico. Se estima que 26.6 millones de hectáreas se destinan a actividades agropecuarias. De éstas, 50% corresponden a agostaderos; 25% a praderas inducidas, y el resto es dedicado a cultivos agrícolas (SAGARPA, 2005).

El sistema de doble propósito es el que presenta competitivamente los mejores indicadores, caracterizándolo como el sistema que más eficientemente utiliza los recursos disponibles como son praderas, árboles y arbustos de la unidad de producción, resultando en bajos costos de producción (Muñoz *et al.*, 1995).

Los SPDP cuentan con instalaciones adaptadas a su medio, empleando para su construcción material obtenido en la misma región; la ordeña se realiza generalmente en forma manual y es de tipo estacional, la reproducción generalmente se realiza mediante la utilización de sementales y muy pocos casos por inseminación artificial (IA), utilizan en forma intensiva la mano de obra, principalmente familiar (Muñoz *et al.*, 1995).

La leche se vende como leche “cruda” o “bronca” a intermediarios, sin ningún procesamiento y normalmente para la elaboración de quesos. De esta forma generalmente

llega al consumidor y a empresas industriales, constituyendo la principal fuente de ingresos para mantener la operación de la explotación hasta la venta de los animales para carne. Para dar una idea de la participación que tienen los diversos sistemas de producción en el (Gasque y Blanco, 2001).

La región suroeste del Estado de México contribuye de forma importante a la producción de leche y carne de bovino. En esta región, Zacazonapan ocupa el primer lugar en producción de leche y segundo en carne (Sagarpa, 2008).

En general, el sistema de producción de leche de Zacazonapan se clasifica como doble propósito. Los ingresos obtenidos por la venta de leche representan para las unidades de producción el 59% de los ingresos anuales, mientras que los ingresos por venta de animales para carne representa 37% de los ingresos (Albarrán, 2008), el porcentaje restante de los ingresos corresponde a actividades complementarias como el comercio. Esto indica, que la producción de leche es la actividad de mayor importancia económica para las unidades de producción de Zacazonapan.

En la época de estiaje (inicia en Diciembre y se prolonga hasta mediados de Junio), el forraje disponible en los potreros es escaso y de mala calidad, por lo que los productores tienen la necesidad de suplementar concentrados a sus animales en cantidades que oscilan entre 4 y 9 kg vaca/día. El concentrado se compone de una mezcla de 50% de mazorca de maíz molido y 50% de concentrado comercial (Albarrán, 2008).

El costo de producción por litro de leche en la época de estiaje se ha determinado en \$4.40, siendo mayor al precio por litro pagado al productor. De los costos totales de producción, la mano de obra y los concentrados representan De este costo, los concentrados representan el 44 y 42% de los costos totales de producción (Esparza, 2009).

Si bien es cierto que la mano de obra es el componente que representa la mayor proporción del costo total de producción, al ser ésta primordialmente familiar y por la cual no necesariamente se hacen erogaciones en efectivo semanal o quincenal, es decir los productores o miembros de la familia que participan en la producción, no se pagan su

suelo y más bien gozan de las ganancias del sistema (Arriaga, 2006). Esto hace a los concentrados como el componente de los costos de producción más significativo.

2.2.2. Sistema de Alimentación

El desarrollo de los SPDP se basa fundamentalmente en la alimentación a base de pastoreo directo de praderas permanentes y, ocasionalmente se recurre a la utilización de complementos alimenticios como melaza, pasta de soya o a sub-productos de carácter agro-industrial (Domínguez, 2007). En estos sistemas la producción es dependiente, en gran medida, del consumo y calidad del forraje disponible, además del número y productividad de los animales utilizados (Mayne y Thomas, 1986; Webster, 1993). Estudios recientes señalan que en primavera, bajo buenas condiciones de manejo, la producción de leche obtenida con vacas alimentadas exclusivamente en pastoreo de praderas permanentes puede aumentar sus niveles de 3 a 4 l /vaca/d⁻¹ pero esto sólo se logra en periodos cortos de tiempo. El resto del año la variabilidad en producción y calidad de la pradera, dada por la baja disponibilidad en invierno y la madurez del forraje en verano, no permite satisfacer los requerimientos nutricionales de vacas en producción (Leaver, 1985; Holden *et al.*, 1994).

En cambio, en los sistemas intensivos que utilizan vacas de alta producción, la suplementación permite incrementar el consumo y por ende la productividad de los animales (Phillips, 1993). Sin embargo, dado el actual marco económico en que se desarrollan las lecherías del país, y considerando que el costo por kilogramo de materia seca (MS) de forraje es significativamente menor que el costo por kilogramo de MS de concentrado (Balocchi, 1999), la suplementación con concentrados debería ser utilizada estratégicamente con el propósito de ofrecer una dieta balanceada y mantener una ración de bajo costo. En general, está demostrado que la suplementación disminuye el consumo de pradera, en especial cuando la disponibilidad de pradera es alta. En cambio, en condiciones de baja disponibilidad de pradera la tasa de sustitución es normalmente menor (Phillips y Leaver, 1985; Leaver, 1986; Hodgson, 1990). La tasa de sustitución se debería a un cambio en el comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo, disminuyendo el tiempo de pastoreo (Mayne y Wright, 1988). Este efecto negativo en el tiempo de pastoreo, producto

de la suplementación, sería menor en animales de alta producción y con bajos niveles de suplementación (Bao et al., 1992; Pulido, 1997).

Disponer de mayor información sobre el efecto de la suplementación con concentrados sobre el consumo de forraje y consumo total de MS, y su influencia sobre el comportamiento ingestivo de vacas de doble propósito en pastoreo, proporcionaría herramientas para mejorar la eficiencia del uso de la pradera y concentrado en los sistemas de producción lechera existentes en el Sur del Estado de México.

2.3. Suplementación de animales en pastoreo

La suplementación es una herramienta que permite mejorar la rentabilidad del sistema productivo, directamente aumentando la producción de leche por animal y por hectárea, e indirectamente, por medio de un mejoramiento en la condición corporal, la fertilidad y la salud de las vacas, permitiendo movilizar pradera a otros periodos críticos del año (Kellaway y Porta, 1993), contribuyendo a mejorar el manejo de las praderas y con ello aumentar la producción de forraje.

Por ejemplo, Meijis y Hoekstra (1984), señalan que cuando la pradera está disponible en calidad y cantidad adecuada, la suplementación con concentrado produce baja respuesta en términos de producción de leche por vaca/d⁻¹ (0.3 a 0.4 kg leche/kg concentrado). Sin embargo, hacen referencia a que los nutrientes requeridos para manutención y producción por parte de los animales de los ensayos consultados eran bajos, debido a la limitada producción láctea de los mismos (10 a 20 kg/vaca/d⁻¹).

Hasta hace relativamente poco tiempo, se tenía la idea de que una forma de maximizar la eficiencia productiva y económica de la producción de leche era a través de dietas altas en PC (niveles de 180 g/kg de MS, e incluso mayores). Actualmente, el nivel de PC en dietas comerciales para vacas altas productoras es de 160 g/kg de materia seca (MS) (Law *et al.*, 2009). De igual forma, reportes de Broderick, (2003), sugieren que niveles de PC en la dieta más allá de 167 g/kg de MS no ofrecen ningún beneficio en términos de incrementos en los rendimientos de leche o sus componentes. Estas recomendaciones no han sido

tomadas en cuenta por productores o técnicos agropecuarios, de tal forma que, actualmente a nivel campo se siguen balanceando dietas para ganado lechero, independientemente de sus niveles productivos en 180 g/kg/MS de PC o más.

Debido a esto, se han realizado numerosas investigaciones sobre el efecto de proporcionar concentrados con diferentes aportes de PC a las dietas en vacas lecheras, sobre todo en los últimos años, dada la importancia al enfoque medio ambiental sobre las emisiones de gases de efecto invernadero. Se ha llegado a conclusiones como la de Bargo *et al.*, (2003) que con aportes de concentrados de entre 0 y 8 kg vaca/d⁻¹, la producción de leche por unidad de concentrado tiende a disminuir desde alrededor de 1.2 kg de leche por kg de grano a partir de 6 kg de suplementación y, las excreciones de nitrógeno (N) al ambiente superan en costo el beneficio que pudiera obtenerse en leche.

Por otra parte, debido al mejoramiento genético de los animales y a la intensificación de los sistemas de producción, la respuesta marginal en producción de leche al aumentar los niveles de concentrado suplementados, ha sido descrita como curvilínea, es decir, el incremento marginal en leche por kg de concentrado disminuye a medida que la cantidad de concentrado aumenta (Bargo *et al.*, 2003).

Kolver *et al.*, (2003), encontró una regresión lineal significativa entre producción de leche (kg/d⁻¹) y consumo de materia seca de concentrado (CMSC) (kg/d⁻¹), reportando una producción de leche promedio de 1 kg leche/kg de concentrado. Estos trabajos, han concluido que la producción de leche generada por vacas de alta producción en lactancias tempranas, aumenta linealmente a medida que el consumo de MS de concentrado aumenta hasta 10 kg/d⁻¹, con una respuesta promedio de 0.89 a 1 kg leche/kg de concentrado, no así en lactancias tardías, donde la producción de leche aumenta a medida que la cantidad de concentrado se incrementa pero con una menor respuesta marginal por kg de concentrado (Bargo *et al.*, 2003).

2.3.1. Uso de concentrados en la alimentación de bovinos productores de leche

Los sistemas de doble propósito, desarrollados al Sur del Estado de México, basan la alimentación fundamentalmente en el pastoreo directo de praderas permanentes. La producción es dependiente, en gran medida, del consumo y calidad del forraje disponible, además del número y productividad de los animales utilizados (Mayne y Thomas, 1986; Webster, 1993). Estudios recientes señalan que en los meses de julio- octubre, bajo buenas condiciones de manejo, la producción de leche obtenida con vacas alimentadas exclusivamente en pastoreo de praderas permanentes puede aumentar sus niveles de 3 a 4 l/vaca/d⁻¹ pero esto sólo se logra en periodos cortos de tiempo. El resto del año la variabilidad en producción y calidad de la pradera, dada por la baja disponibilidad en invierno y la madurez del forraje en verano, no permite satisfacer los requerimientos nutricionales de vacas en producción (Leaver, 1985; Holden *et al.*, 1994).

En cambio, en los sistemas intensivos que utilizan vacas de alta producción, la suplementación permite incrementar el consumo y por ende la productividad de los animales (Phillips, 1993). Sin embargo, dado el actual marco económico en que se desarrollan las lecherías del país, y considerando que el costo por kilogramo de materia seca (MS) de forraje es significativamente menor que el costo por kilogramo de MS de concentrado (Balocchi, 1999), la suplementación con concentrados debería ser utilizada estratégicamente con el propósito de ofrecer una dieta balanceada y seguir manteniendo una ración de bajo costo. En general, está demostrado que la suplementación disminuye el consumo de pradera, en especial cuando la disponibilidad de pradera es alta.

Varios estudios han informado que la oferta de pradera por vaca por día y el nivel de concentrado afectan el consumo de pradera y el comportamiento en pastoreo (Arriaga-Jordan y Holmes 1986, Pulido y Leaver 2001, Sairanen y col 2006). Disponer de mayor información sobre el efecto de la suplementación con concentrados sobre el consumo de forraje y consumo total de MS, y su influencia sobre el comportamiento ingestivo de vacas de doble propósito en pastoreo, proporcionaría herramientas para mejorar la eficiencia del uso de la pradera y concentrado en los sistemas de producción de doble propósito.

2.3.2. Requerimientos nutricionales de animales en pastoreo en función de sus rendimientos productivos

Los requerimientos de nutrientes de vacas lecheras en el primer tercio de lactación, en general son altos, y con frecuencia, el animal no es capaz de cubrirlos con el consumo de materia seca en esta etapa debido a altos niveles de proteína cruda y energía necesarios tanto para mantenimiento como para producción de leche.

En la vaca, la etapa de lactancia afecta la magnitud de la respuesta en producción de leche, debido a los cambios que ocurren en el destino de la energía consumida (leche o tejido corporal), durante el progreso de la lactancia (Holmes *et al.*, 2002).

La respuesta a la suplementación es mayor en la lactancia inicial. La respuesta disminuye conforme la lactación avanza, en la medida que se destina más energía hacia restaurar e incrementar la condición corporal. Por lo tanto, vacas lecheras a comienzos o a mediados de la lactancia, mostrarán una respuesta marginal a la suplementación. Existe información que no ha sido modificada con el paso del tiempo como la de Haresign (1981), Broster y Thomas (1988) que indica que altos niveles de suplementación con concentrados en la lactación temprana, resulta en una mejor respuesta productiva que en la lactación media o tardía, sobre cuando existe una restricción importante de forrajes de buena calidad, de ahí el utilizar vacas en el primer tercio de lactación.

La determinación de los requerimientos de consumo de materia seca (MS), energía metabolizable (EM) y proteína metabolizable (PM) es importante en sistemas de pastoreo, ya que a partir de la estimación de éstos, es posible hacer determinaciones de carga animal o niveles de suplementación necesarios para incrementar niveles de producción individual o para mantener rendimientos animales en niveles adecuados sobre todo en época de escases de forraje.

2.4. Consumo voluntario

2.4.1. Ingestión de Materia Seca

La cantidad de materia seca (MS) que es consumida por un animal es una medida crítica a partir de la cual se puede aplicar las bases para determinar las exigencias nutricionales para alcanzar determinada respuesta. La medida de la ingestión de MS integra un gran número de factores como son las propiedades químicas y fenológicas de la planta, las características físicas del animal y los procesos fisiológicos del animal. Estos últimos dependen en gran medida de la especie, raza, tipo, así como del estado reproductivo (Burns *et al.*, 1994).

El bajo consumo de MS ha sido identificado como el factor más limitante para la producción de leche en vacas de alta producción en sistemas bajo pastoreo. Al respecto, se indica que las vacas lecheras pueden consumir entre el 3.0% y 3.5% de su peso vivo como MS cuando son alimentadas con praderas de alta calidad. Asimismo, la cantidad de energía neta requerida por animales de alta producción, puede ser ingerida sólo durante unas pocas semanas en primavera, cuando la digestibilidad de la pradera es alta, siendo necesaria la suplementación para compensar esta limitante (Burns *et al.*, 1994).

Los animales alimentados a base de pastos dividen sus actividades durante el pastoreo en: rumia, reposo, bebida, traslados, lactación y pastoreo (Walker *et al.*, 1989).

Según Woodward (1997), el tiempo destinado para cada una de estas actividades está influenciado por la cantidad y calidad del pasto disponible, por el estado fisiológico del animal, por sus requisitos de energía y por el clima, pero para animales en pastoreo el factor limitante se centra en la disponibilidad de forraje (Penning *et al.*, 1991).

La estimación del CV para rumiantes se ha hecho tradicionalmente utilizando indicadores que son clasificados en: *internos*, que son constituyentes naturales de los alimentos como sílice, lignina, nitrógeno fecal, cromógenos, FDN y FDA indigestibles, cenizas insolubles en ácido, N-alcanos; y *externos*: que son compuestos inertes como el óxido crómico, las tierras raras (Lantano, Samário, Cério, Yterbio, Disproso), la rutenio fenantrolina, el cromo mordante, utilizados para la fase sólida, y cobalto-EDTA, Cromo-EDTA y polietilen-glicol (PEG), utilizados para la fase líquida. La mayor limitación de los indicadores externos es que no se comporten como las partículas del alimento y cuando son adheridos por su porción fibrosa, pueden alterar algunas características físicas y químicas (Holmes, 1981).

Las técnicas que incluyen estimaciones de consumo en base al comportamiento animal o utilizando indicadores, necesitan grandes áreas, y mayor tiempo para la obtención de resultados (Holmes, 1981). Por el contrario, métodos de cálculo por medio de modelos o ecuaciones de predicción de consumo son simples, más aplicables y más rápidos de determinar, constituyéndose en una alternativa para la obtención de estimadores de ingestión que puedan ser utilizadas como las propuestas por el Agricultural Food Research Council (AFRC) (1993).

2.4.1. Peso vivo

La mayoría de los modelos de estimación del consumo voluntario de vacas en lactación en sistemas alimentados a base de forrajes, incluye alguna variable o una combinación de variables concernientes a producción de leche.

El efecto del peso vivo (PV), ha sido considerado como variable de predicción de consumo por muchos autores, por ejemplo, Caird y Holmes (1986), consideran que en el inicio de la lactación las vacas movilizan reservas corporales como respuesta a una menor ingestión de alimento en relación a sus requerimientos, por lo que disminuyen su peso vivo; así como en el final de este periodo, la tendencia es acumular las reservas producidas como consecuencia del mayor consumo en relación a las necesidades nutricionales, reflejado por lo general, en un aumento de peso (Grumer, 1998).

2.4.2. Fuentes Nitrogenadas de los alimentos

En la alimentación de rumiantes, las fuentes nitrogenadas o proteínas pueden tener varios orígenes, uno de ellos es el proveniente de los alimentos, los cuales se dividen dos grupos: proteína verdadera, que son aquellos compuestos nitrogenados que son mayoritariamente de origen amino-ácido, y estos pueden ser de origen vegetal (soya, canola, semilla de girasol, semilla de algodón, heno de alfalfa, pasto) o animal (harina de pescado, harina de ave), y por otro lado los que conocemos como nitrógeno no proteico o amoniacal (la urea, el sulfato de amonio, etc.), que no son proteínas como tales, sino que potencialmente se

pueden transformar en ellas (proteína microbiana) por los microorganismos que viven en el rumen.

2.4.3. Metabolismo de la proteína en rumen

Los microorganismos al morir y pasar a otros compartimentos del tracto gastrointestinal son digeridos y sus componentes, entre ellos los aminoácidos de las proteínas, absorbidos al cuerpo animal.

La suplementación con concentrados tiende a disminuir el pH ruminal, debido a un incremento en la cantidad de carbohidratos de rápida fermentación en la dieta. Sin embargo, el efecto sobre el pH ruminal en animales mantenidos en pastoreo, es a menudo inconsistente y se ha reportado que, bajo condiciones pastoriles, puede no variar en respuesta al incremento de cantidades de concentrado en la dieta, lo cual ha sido estudiado y reportado desde Theurer (1986).

Durante el paso de los alimentos por el rumen, gran parte de la proteína se degrada hasta péptidos por acción de las proteasas. Los péptidos son catabolizados hasta aminoácidos libres, y éstos hasta amoníaco, ácidos grasos volátiles y dióxido de carbono (A. Bondi, 1988).

El amoníaco (NH_3), especialmente, es utilizado por los microorganismos si existe suficiente energía (carbohidratos), para la síntesis de proteínas y demás componentes de las células microbianas como los componentes nitrogenados de la pared celular y los ácidos nucleicos. Si bien el amoníaco es la fuente principal de nitrógeno para los microorganismos, hay especies de bacterias que obtienen un alto porcentaje (20-50 %) de su nitrógeno total a partir de aminoácidos y péptidos. Por esto, se logra una mayor síntesis de proteína microbiana y una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno, cuando las dietas con alto contenido de NNP son suplementadas con proteína verdadera.

Parte del amoníaco liberado en el rumen no puede ser fijado por los microorganismos, entonces se absorbe y es llevado por la sangre hasta el hígado, donde se transforma en urea, siendo la mayor parte no utilizada por el animal y excretada en la orina.

Los microorganismos (bacterias y protozoos) del rumen; que contienen proteínas como componente principal, pasan al retículo-rumen, a través del omaso y abomaso, hasta el intestino delgado. La cantidad de la proteína total de la ración que se digiere en el rumen varía desde el 70-80 % o más para las proteínas más solubles, hasta el 30-40 % para las proteínas menos solubles. Entre el 30 % y el 80 % de la proteína de los forrajes se degrada en el rumen, la cantidad depende del tipo de alimento, del tiempo de permanencia en el rumen y del nivel de alimentación, (A. Bondi, 1988).

Las proteínas microbianas, las proteínas de los alimentos que no son degradadas y las proteínas endógenas del animal, son digeridas en el intestino delgado por proteasas y participan en el flujo de aminoácidos que son absorbidos en él. Entonces, para el aporte de los aminoácidos esenciales, los rumiantes dependen de la proteína microbiana y de la proteína de la ración que escapa a la digestión en el rumen, (Astibia y col., 1982).

Otros trabajos con niveles de incorporación moderados de concentrados (hasta 6 kg/d⁻¹), concluyen que sólo permiten un pequeño cambio en la composición de los carbohidratos fermentables hablando de metabolismo, siendo esto, consecuencia de la alta cantidad de carbohidratos hidrosolubles y la alta digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN) del concentrado y de la pradera suministrada disponible, Bargo *et al.*, (2006).

Se sabe que la respuesta a la suplementación es muy variable de acuerdo a las características genéticas del animal, estado de lactancia y características de la pradera y del ambiente.

2.5. Calidad y composición de la leche

Si hablamos de la leche se señala que en promedio, con el aporte de concentrado, se espera una disminución en el contenido de la grasa y un aumento en el contenido de la proteína láctea, alrededor de 0.2 g/kg por cada kg de MS de concentrado consumido (Kolver, 2003).

Los ácidos grasos de la leche también se modifican, la repuesta a esta suplementación puede ser de corto plazo, es decir, de forma inmediata y puede verse reflejada en mayor producción de leche y, de largo plazo, almacenada de forma residual en el animal (Kellaway y Porta, 1993). Esto depende de la tasa de sustitución de forraje por el alimento concentrado, de la calidad del suplemento en relación a la calidad de la pradera, y de la partición de la energía adicional consumida entre producción de leche y ganancia de peso corporal (Mayne *et al.*, 2003).

2.6. Nitrógeno ureico en leche

El nitrógeno ureico de la leche (NUL), ha sido utilizado como herramienta diagnóstica de la eficiencia de utilización del nitrógeno y de ciertos trastornos del comportamiento reproductivo de la vaca lechera.

El NUL es el resultado de la difusión del contenido de urea del suero sanguíneo a través de las células secretoras de la glándula mamaria, constituyendo una fracción variable del nitrógeno total de la leche. Su contenido representa alrededor del 50% del nitrógeno no proteico y alrededor del 2.5% del nitrógeno total, (DePeters y Ferguson, 1992).

El NUL es una fracción variable del nitrógeno no proteico de la leche que puede estar entre el 12 y el 17% (Roseler *et al.*, 1993).

La proporción de NUL con otros componentes nitrogenados de la leche no es constante. El nitrógeno presente en la leche consta de tres fracciones principales: caseína, que constituye el 77.9%, nitrógeno de la proteína del suero, que representa el 17.2%, y nitrógeno no proteico, que es el 4.9 %, Cerbulis y Farell, (1975). Estas fracciones pueden cambiar de

acuerdo a la temperatura, enfermedades, número de partos, días en lactancia y nutrición (De Peters y Cant, 1992).

Las dietas de alto contenido proteico tienden a presentar niveles altos de NUL debido, por una parte, a mayor degradación de la proteína en el rumen, mayor producción de amoníaco y mayor conversión de amoníaco a urea en el hígado de la vaca; y en segunda, la dieta de un nivel alto de proteína tiene normalmente una alta contribución de aminoácidos para absorción en el intestino (Astibia y col, 1982).

Debido al rápido equilibrio de la urea en los fluidos orgánicos, la concentración de urea en leche se ha tomado como un índice de la ineficiencia de utilización del nitrógeno (Baker *et al.*, 1995).

La preocupación por las cantidades de nitrógeno incluidas en dietas para vacas lecheras no es reciente, publicaciones de diferentes partes del mundo: Lewis *et al.* (1957); Kaufmann *et al.* (1982); Oltner y Wiktorsson, (1983); Hof *et al.* (1997); Lykos *et al.* (1997); Wright *et al.* (1998); García Bojalil *et al.* (1998), y Wattiaux *et al.*; han mostrado relaciones entre los contenidos de urea en la leche y los niveles de proteína en la dieta, nivel energético de la ración o relaciones de proteína y energía.

Hof *et al.*, (1997) reportaron contenidos promedios de NUL de 12.6 mg/dl en un ensayo con 125 vacas que consumieron 13 raciones balanceadas con diferentes relaciones de proteína y energía. Los valores por tratamiento oscilaron entre 9 y 18.3 mg/dl. Encontraron una alta correlación ($r^2 = 0.82$) entre el escape de N del rumen y el contenido de NUL en la leche. El valor promedio de pérdida de nitrógeno estuvo significativamente correlacionado con el valor promedio de NUL ($r = 0.96$), y recomiendan la validez de la determinación de urea en leche como índice para evaluar la eficiencia de utilización del nitrógeno en vacas lecheras.

Ferguson y Chalupa, (1989), relacionan problemas reproductivos de los hatos lecheros como bajas tasas de concepción, repetición de celos, aumentos en los días abiertos y en los servicios por concepción, con altos niveles de nitrógeno de la dieta.

La alteración reproductiva puede ser causada por la urea, el amoníaco u otros compuestos nitrogenados no identificados que pueden afectar el óvulo, el espermatozoide o los embriones jóvenes. La urea se ha demostrado tóxica para el espermatozoide y el óvulo (Fordvey-Lettlage, 1975).

Las concentraciones máximas y mínimas deseables de NUL varían de acuerdo al criterio de diferentes investigadores. Harris en 1995 sugiere niveles máximos de 18 mg/dl y mínimos de 12 mg/dl. Roseler *et al.*, (1993) sugiere valores de 15 mg/dl. Hutjens (1997), recomienda niveles inferiores a 20 mg/dl en el hato para evitar problemas reproductivos.

La determinación de NUL en forma estratégica permite medir, junto con otros indicadores como los cambios de peso corporal y la condición corporal de las vacas, la eficiencia de utilización del alimento. En rumiantes sanos, los niveles de NUL son indicadores de una relación de energía - proteína (Hammond, 1997).

La aplicación más común del NUL es el análisis de la respuesta biológica (tanto productiva como reproductiva) a la suplementación, al manejo de forrajes, y a la calidad de los éstos; otra aplicación es el diagnóstico de situaciones puntuales para recomendar estrategias de alimentación; así mismo, la protección del medio ambiente, por los efectos que el nitrógeno residual tiene sobre el agua y los suelos, (Roseler *et al.*, 1993).

III. Hipótesis

3.1 Hipótesis general

No existen diferencias en la respuesta productiva de vacas en lactación al consumir tres diferentes concentrados con dos niveles de proteína cruda en la época de estiaje en el Sur del Estado de México

3.2 Hipótesis específicas

La respuesta en producción (kg/vaca/d^{-1}) y composición de leche (grasa, proteína (g/kg) y nitrógeno ureico en leche (NUL) (mg/dl), peso vivo y condición corporal de vacas que reciben 5 kg/vaca/d^{-1} de concentrado con 160 g/kg/MS de proteína cruda, no es diferente de la respuesta productiva de vacas que reciben 5 kg/vaca/d^{-1} de concentrado con 140 g/kg/MS , durante la época de estiaje en Zacazonapan, Estado de México.

No existen diferencias en la viabilidad económica al uso de concentrados con dos diferentes niveles de proteína cruda ($140 \text{ vs } 160 \text{ g/kg/MS}$), como suplemento a vacas lactantes en Zacazonapan, Estado de México.

IV. Objetivos

4.1 Objetivo general

Evaluar la respuesta productiva y económica al uso tres diferentes concentrados con dos niveles de proteína cruda (140 y 160 g/kg/MS) a vacas en lactación en la época de estiaje en Zacazonapan, Estado de México.

4.2 Objetivos específicos

1. Determinar la respuesta productiva al uso de concentrados con dos niveles de proteína cruda (5 kg/vaca/d^{-1}), en función de las siguientes variables:

- Rendimiento de leche (kg/vaca/d^{-1})
- Composición de leche (grasa y proteína) (g/kg)
- Contenido de nitrógeno ureico en leche (mg/dl)
- Peso vivo (kg/vaca)
- Condición corporal (CC) (1-5)

2. Determinar gastos y retornos económicos del uso de concentrados en la producción de leche

V. Justificación

Una forma de incrementar los ingresos de los productores de los Sistemas de Doble Propósito, es a partir de incrementos en los rendimientos de leche por animal, para lo cual principalmente se han utilizado fuentes de proteína cruda (i.e. pasta de soya) de buena calidad en la dieta, para asegurar un aporte suficiente de proteína metabolizable (PM), que asegure una máxima producción de leche. El nivel de PC en las raciones comerciales para vacas lecheras es de 180 g/kg de materia seca (MS) (Law *et al.*, 2009). Sin embargo, reportes previos sugieren que niveles de concentración de PC en la dieta más allá de 167 g/kg de MS no ofrecen beneficio en términos de incrementos en los rendimientos de leche o sus componentes (Broderick, 2003).

Desde la perspectiva medioambiental, entre el 0.65 y 0.75 del nitrógeno consumido por el ganado lechero, es excretado vía orina y heces (Chase, 1994; Yan *et al.*, 2006). Yan *et al.*, (2006) demostraron que la excreción de nitrógeno en estiércol está altamente correlacionado con el consumo de nitrógeno en la dieta, y por lo tanto, la reducción de nitrógeno en las dietas del ganado lechero es un factor clave para reducir la excreción de nitrógeno al medioambiente.

Por lo anterior, existe la necesidad de desarrollar estrategias de alimentación en la época de estiaje basadas en concentrados que permitan, obtener adecuados niveles de producción, al menor costo posible. Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue determinar la respuesta productiva y económica de tres tipos de concentrados y dos niveles de PC (140 y 160 g/kg/MS), en vacas en la época de estiaje en Zacazonapan, Estado de México.

VI.- Metodología

6.1. Ubicación del experimento

El experimento se realizó en el municipio de Zacazonapan, localizado en el Sur del Estado de México. Se ubica en los paralelos 19° 00' 17'' y 19° 16' 17'' de latitud Norte y del meridiano 100° 12' 55'' al 100° 18' 13'' de longitud Oeste, y tiene una altura de 1.470 m.s.n.m.

El territorio municipal tiene una extensión de 67.14 km², que representa el 0.30 % de la superficie estatal. El clima que predomina es el cálido sub-húmedo con humedad moderada. La temperatura media anual es de 23° C, con una máxima anual de 31° C y una mínima de 15° C. La precipitación es alrededor de 1,800 mm anuales, con incidencia de vientos en mayo y en menor proporción en agosto y septiembre (Arroyo, 1999).

6.2. Selección de la unidad de producción

La unidad de producción (UP) se seleccionó mediante un modelo por intención que cita W. Cochran (1984), de acuerdo a la disponibilidad del propietario a colaborar en el estudio, siendo un Unidad representativa del Sistema de Producción del municipio.

6.2.1. Caracterización de la Unidad de Producción

La UP mantiene en promedio un total de 15 a 18 vacas en producción, alrededor de 18 vacas sin ordeño, 22 becerros, en promedio 15 terneras y lo mismo para las becerras a lo largo del año, mantiene 2 sementales. Cuenta con una superficie propia de 100 ha. De las cuales una parte es destinada para mantenimiento del ganado a través de praderas principalmente pasto estrella africana (*Cynodon plestostachyus*) y pastos nativos tales como *Paspalum notatum*, *paspalum scrubinatum*, *Paspalum convexum*, *Paspalum conjugatum*, por mencionar algunos. Otra parte para el cultivo de maíz, y en menor medida para el cultivo de caña o tomate.

6.3. Unidades experimentales

Se utilizaron seis vacas multíparas (entre el segundo y el tercer parto) en promedio con 100 días de lactancia), de la raza pardo suizo, con rendimientos de leche promedio con variaciones menores al 10 %, variaciones entre partos de no más de 60 días y peso y condición corporal similares.

6.4. Suplementos Concentrados

Los tratamientos consistieron en el concentrado que comúnmente utiliza el productor (control) que es elaborado a base de 50% de mazorca de maíz molida (producida dentro de la UP, incluye hoja, grano y olote), mezclada con 50% de concentrado comercial (contenido de PC 180 g/kg/MS). El contenido final de PC de esta mezcla es de 140 g de PC/kg/MS; Suplemento del Productor (SP).

El segundo tratamiento consistiría en maíz grano (0.78) y pasta de soya (0.22), de tal forma que el contenido de PC/kg/MS fuera de 160 g/kg/MS. Desafortunadamente, dos de las vacas utilizadas no consumían el concentrado después de dos semanas, por lo que se utilizó como base el SP adicionando 70 g/kg/MS de pasta de soya para un contenido de 160 g/kg/MS.

El tercer tratamiento consistió en alimento comercial etiquetado al 18 %, pero analizado en un contenido de 160 g/kg/MS. Este mismo concentrado comercial fue el utilizado por el productor en la mezcla del tratamiento SP.

Durante la ordeña de la mañana las vacas recibían 5 kg de concentrado en un costal de alimento cortado a la mitad, acondicionado con lazos en dos de los extremos a manera de bolsa que era amarrado al cuello de las vacas. Esta es la forma tradicional de alimentar a las vacas en la región, con la cual los productores se aseguran que las vacas no desperdicien alimento, y que consuman únicamente la cantidad que les corresponde.

Se contemplaron 3 periodos experimentales (PE) de 21 días, en donde 14 días fueron de acostumbamiento a la dieta y 7 más para medición de las variables de respuesta.

Durante la tercera semana de cada periodo experimental, se tomaron (de lunes a viernes) muestras de los concentrados formando una muestra representativa del concentrado que recibieron las vacas en cada PE, para posteriormente ser analizadas en el laboratorio del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

Los animales recibieron diariamente junto con los concentrados sales minerales Fosforisal ® Purina a libre acceso.

6.4.1. Análisis químicos

La Materia seca (MS) de los alimentos se determinó secando en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48 horas y pasadas por la malla de 1 mm de un molino Willey. Las muestras fueron analizadas por triplicado de acuerdo al A.O.A.C. (2000) para el contenido de MS, proteína cruda (PC) mediante Kjeldhal, (1984) para calculada como N- Kjeldhal x 6.25 y cenizas por incineración de la muestra a 550 °C durante 6 horas.

El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991) fueron analizadas utilizando bolsas filtro Ankom F-57 en un analizador de fibra Ankom²⁰⁰ (Ankom Technolgy, Macedon, N.Y. EE.UU.). Para el análisis de FDN, las muestras fueron tratadas con α -amilasa (Sigma A-3403 Sigma-Aldrich Co., Louis MO, EE.UU.), y la solución detergente neutro contenía sulfito de sodio, los residuos no fueron corregidos por ceniza residual.

La degradabilidad in vitro de la Materia Seca se determinó mediante la técnica de producción de gas descrita por Theodorou *et al.*, (1994) con modificaciones de Mauricio *et al.*, (1999). 1 ± 0.002 g de MS de cada especie fue pesada por triplicado en botellas de 160 ml de capacidad. Mauricio *et al.*, (1999) fueron adicionados a cada una de las botellas diez ml de líquido ruminal usado de dos cabras donadoras alimentadas a base de forraje y concentrado en un relación 70:30, fueron inoculados en las cada una de las botellas. El líquido ruminal se obtuvo de múltiples partes del rumen, inmediatamente fue filtrado a través de dos capas de gasa y mantenidos a 39 °C con burbujeo continuo de CO₂. Por otra parte, botellas control conteniendo solución buffer y líquido ruminal, pero sin sustrato,

fueron incluidas por triplicado para corrección del gas producido por pequeñas partículas presentes en el líquido ruminal como blancos. La acumulación de la producción de gas (psi) fue tomada a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 y 96 h después de la incubación de las botellas a 39 °C en una incubadora.

El volumen de gas (ml/g MS) producido después de 24 h (PG₂₄) de incubación se usó como un índice de valor de la energía de los concentrados.

Al final de la incubación (96 h), el contenido de cada una de las botellas fue filtrado usando crisoles de vidrio (porosidad 1, 100-160-µm tamaño de poro, Pyrex, Stone, UK) con ayuda de una bomba de vacío. Los residuos de la fermentación fueron secados a 105 °C en una estufa de aire forzado para estimar la desaparición de la materia seca.

6.4.2. Cálculos

El cálculo del contenido de energía metabolizable (EM, MJ/kg MS) fue estimada de acuerdo a Menke y Steingass (1988) como:

$$EM = 2.20 + 0.136PG_{24} (ml/0.2 g/MS) + 0.057 PC (\%MS)$$

Donde:

PG₂₄ fue el volumen de gas producido a la 24 h y PC es el contenido de proteína (%) de los concentrados.

6.5. Mediciones en los animales

6.5.1. Peso y condición corporal

Los animales se pesaron al inicio y al final de cada periodo experimental, en una báscula electrónica ganadera portátil marca Gallagher ®.

La condición corporal se determinó al momento de pesar a los animales, mediante la técnica descrita por el Colegio Escocés de Agricultura (ESCA), (1976). La técnica se basa

en la estimación por palpación de la cantidad de grasa subcutánea de la región periférica del maslo de la cola y sobre las apófisis transversas de las vértebras lumbares, utilizando una escala del 1 al 5 de acuerdo con la siguiente interpretación: 1 Flaco, 2 Moderado, 3 Bueno, 4 Gordo, 5 Obeso.

6.5.2. Manejo y mediciones en la leche

Para medir los rendimientos de leche (kg/vaca/d^{-1}) se pesó el total de la leche por vaca diariamente durante la semana de mediciones (PE-3), con ayuda de una báscula de reloj con capacidad de 20 kg. Se tomó una sub-muestra a la mitad de la ordeña para determinar los rendimientos de grasa y proteína (g/kg) analizadas mediante un Ultrasonic Milk Analyzer Lactoscan-S[®] inmediatamente después de tomada la muestra.

Para el análisis de nitrógeno ureico en leche, 40 ml de muestra de leche fueron conservados con una pastilla de Bromopol[®] a -20°C y se determinó el contenido de NUL mediante la técnica descrita por Berthelot, (1859) modificada por Lubochinsky y Zalta en 1954.

6.5.3. Toma de muestras y manejo de la orina

Se colectaron muestras diarias de orina de las vacas durante la última semana de cada periodo experimental, fueron adicionados 15 ml de H_2SO_4 al 5 N y conservadas a -20°C . Las muestras de orina fueron descongeladas para determinar el contenido de nitrógeno ureico en orina mediante el método 976.05 de la A.O.A.C. (2000) previa centrifugación.

Se diluyó la orina restante en una concentración 1:100 con solución stock y filtradas según la técnica de Balcells *et al.*, (1992) (0.45μ). Se utilizó un aparato de Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC) que consiste en un sistema multi-solvente (Waters 515 HPLC pumps), un inyector (Waters 717 plus auto muestreador), un detector multivalente (modelo 2487 dual lambda absorbent detector) y una doble columna analítica 4.0 x 250 mm ODS 2 para la determinación del contenido de Derivados Púricos.

La HPLC ha posibilitado una alta aproximación analítica al permitir una recuperación de las purinas cercana al 100% (Czauderna y Kowalczyk 2000, Giesecke *et al.*, 1994). Otras

ventajas del método son los bajos coeficientes de variación y los bajos límites de detección y cuantificación, indicando una satisfactoria precisión, reproducibilidad y sensibilidad (Balcells *et al.*, 1992; Chen *et al.*, 1993, Czauderna y Kowalczyk, 2000).

6.5.4. Consumo voluntario

Se determinó de acuerdo a las fórmulas propuestas por el Agricultural and Food Research Council (AFRC, 1993). Los requerimientos incluyen las necesidades para mantenimiento y producción mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CMS (kg/ d}^{-1}\text{)} = 0.076+0.404C+0.013W-0.129n+4.12\log_{10}(n)+0.14Y$$

Donde:

CMS = consumo de materia seca

C =kg de MS d⁻¹ de alimento concentrado

W = peso vivo (kg)

n = semana de lactación

Y = rendimientos de leche kg/ d⁻¹

Al igual que el consumo voluntario, los aportes de energía metabolizable y proteína metabolizable fueron calculados a partir del AFRC, 1993, muestran un balance positivo, es decir, los suplementos administrados cubren casi el 60 % de los requerimientos totales de Energía necesarios para mantenimiento y producción de las vacas en la época de estiaje, el 40 % restante se estima que es aportado por los recursos forrajeros disponibles en el potrero, que no obstante, se sabe que son escasos, en trabajos como el de Bargo, (2006) refieren que los requerimientos de vacas expuestas a climas cálidos o de tipo tropical, disminuyen su consumo voluntario por estrés calórico y por tanto consumen mayor cantidad de agua que de alimento, la proteína metabolizable necesaria para las mismas

funciones está siendo cubierta casi en un 90 % con el suplemento del productor, y excede la necesaria en el caso de los otros dos suplementos.

6.6 Diseño experimental y análisis estadístico

Los animales se asignaron al azar a los tres tratamientos en un arreglo de Cuadrado Latino 3x3, repetido dos veces, de manera simultánea, de forma que todas las unidades experimentales fueron expuestas a cada uno de los tratamientos con periodos de tres semanas (21 días) y la última semana para la medición de las variables a analizar: producción y composición de leche, peso vivo, condición corporal, nitrógeno ureico en leche, sangre y heces y derivados púricos.

Cuadro 3. Asignación de tratamientos y vacas dentro del Cuadrado Latino

Periodo	PE1	PE2	PE3
VACA			
1	CPr	CC	CE
2	CC	CE	CPr
3	CE	CPr	CC

PE=Periodo experimental (1, 2,3), CPr=Concentrado Productor, CE=Concentrado Experimental, CC=Concentrado Comercial

Cuadro 4. Repetición

Periodo	PE1	PE2	PE3
VACA			
1	CPr	CC	CE
2	CC	CE	CPr
3	CE	CPr	CC

PE=Periodo experimental (1, 2,3), CPr=Concentrado Productor, CE=Concentrado Experimental, CC=Concentrado Comercial

Los rendimientos productivos fueron analizados utilizando el modelo (1), para determinar los efectos de tratamientos con 5 kg/vaca/d⁻¹ (concentrado productor, concentrado experimental, y concentrado del productor) y se analizaron las variables: producción de leche, nitrógeno ureico en leche, contenido de grasa y proteína (g/kg), peso vivo (kg),

condición corporal, contenido de Nitrógeno en orina y relación de derivados púricos, mediante el Modelo General Lineal (GLM) del programa estadístico SAS, (2000).

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + V_{(i)j} + Tx_k + PE_l + Tx_k * PE_l + e_{ijkl} \quad \text{Modelo (1)}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable dependiente (producción de leche, contenido de grasa y proteína (g/kg), peso vivo, condición corporal y nitrógeno ureico en leche)

μ = media general del cuadrado mínimo,

C_i = efecto de cuadro ($i = 1$ y 2)

$V_{(i)j}$ = vaca dentro de cuadro ($ij = 1,2$ y 3)

Tx_k =; Tratamiento ($k =$ Tratamiento MP, SE y CC)

PE_l = Periodo experimental ($k = 1, 2$ y 3)

$PE_l * Tx_k$ = Interacción tratamiento periodo experimental

e_{ijklm} = término aleatorio del error.

VII. Resultados

7.1. Carta de envío de artículo

Asunto:	[TSA] Submission Acknowledgement
De:	Carlos A. SANDOVAL-CASTRO (ccastro@uady.mx)
Para:	bapbap24@yahoo.com.mx;
Fecha:	Domingo, 6 de noviembre, 2011 9:11:49

Benito Albarrán Portillo:

Thank you for submitting the manuscript, "EFECTO DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA EN CONCENTRADOS SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE LECHE, COMPOSICIÓN Y VIABILIDAD ECONÓMICA, EN VACAS LACTANTES EN LA ÉPOCA DE ESTIAJE EN LA REGIÓN SUBTROPICAL DEL ESTADO DE MÉXICO" to Tropical and Subtropical Agroecosystems. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL:

<http://www.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/author/submission/1421>

Username: bapbap24

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Carlos A. SANDOVAL-CASTRO

Tropical and Subtropical Agroecosystems

<http://www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.p>

Tropical and Subtropical Agroecosystems

<http://www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.php/TSA>

7.2. Artículo Científico

Efecto del contenido de proteína en concentrados sobre los rendimientos de leche, composición y viabilidad económica, en vacas lactantes en la época de estiaje en la Región subtropical del Estado de México

Effectt of concentrate`s protein contents on milk yield, milk composition, and economic viability on lactating dairy cows during dry season in the subtropical region of the State of Mexico

S. Esparza-Jiménez¹; M. González-Ronquillo²; A. García-Martínez¹; R. Rojo-Rubio¹; F. Aviles-Nova¹; y B. Albarrán-Portillo*¹.

¹ Centro Universitario UAEM Temascaltepec *Email: bapbap24@yahoo.com.mx

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Toluca-Tejupilco Km 67.5. Estado de México. C.P.51300

* Autor para correspondencia

Resumen

Se evaluó el efecto de tres tipos de concentrado con dos niveles de proteína cruda (PC) sobre rendimiento y composición de leche, nitrógeno ureico en leche (NUL), y viabilidad económica en vacas en lactación en la época de estiaje. Se utilizaron seis vacas pardo suizo en un arreglo de cuadro latino 3x3 repetido. El tratamiento control consistió en maíz-mazorca molida mezclada con concentrado comercial (50:50) usado tradicionalmente por los productores (CPr) (140 g/kg de PC); los concentrados experimentales consistieron en el tratamiento CPr, más 70 g/kg de pasta de soya (160 g/kg de PC) (CE), y concentrado comercial (CC) (160 g/kg de PC). No existieron efectos significativos ($P>0.05$) de los concentrados sobre ninguna de las variables de respuesta, teniendo promedios de 6.8 kg de

leche vaca/día, contenido de grasa y proteína en leche de 20.8 y 31.0 g/kg, respectivamente. El peso vivo promedio fue 495 kg/vaca y la calificación promedio de condición corporal fue de 1.5 puntos. El promedio de NUL para tratamientos fue 25.1 mg/dl, existieron diferencias significativas para periodos experimentales. El costo de producción/kg de leche por uso de concentrados fue de 2.4, 2.6 y 2.9 MX \$/kg para CPr, CE y CC, respectivamente. Se concluye que el concentrado del productor (140 g/kg PC) es el que generó menores costos de producción sin afectar los rendimientos productivos de las vacas, el uso de concentrados con niveles de 160 g/kg de PC no representa ventajas sobre los rendimientos de leche, pero sí reduce la viabilidad económica.

Palabras clave. Concentrados; nivel de proteína cruda; producción de leche; composición de leche.

Summary

The aim of this experiment was to evaluate the effect of three types of concentrates with two crude protein (CP) levels on milk yields and composition, milk's urea nitrogen (MUN) and economic viability on lactating dairy cows, during the dry season in the subtropical region of the State of Mexico. Six Brown Swiss cows in their early lactation were used in a repeated 3x3 Latin Square design. Cows were supplemented with three types of concentrate with two crude protein levels (140 vs 160 g/kg/DM). Control treatment consisted of a concentrated traditionally used by farmers made of corn (grain, cob and leaves), mixed with commercial concentrate (50:50), containing 140 g/kg of CP (CPr). Experimental concentrates consisted of CPr plus 70 g/kg/DM of soybean meal in order to increase crude protein up to 160 g/kg/DM (CE), and the third treatment was commercial concentrate containing 160 g/kg/DM of CP (CC). There were no differences on response variables ($P>0.05$), milk yields (averaged 6.8 kg/cow/d), fat and protein average contents were 20.8 and 32.1 g/kg, respectively. Bodyweight and body condition score were not affected by treatments averaging 495 kg/cow and 1.5 score, respectively. Average MUN was 25.1 mg/dl, with differences among experimental periods- Milk's production cost was 2.4, 2.6 and 2.9 MX \$/kg for treatments CPr, CE and CC, respectively. The conclusion is that the

farmer's traditional concentrate had the lowest production cost, without compromising cows performance, and concentrates with 160 g/kg/DM of CP had no positive impacts on milk production, but it does reduce profits.

Key words: Concentrates; crude protein levels; milk yields; milk composition.

Introducción

México es un país deficitario en producción leche, teniendo un coeficiente de dependencia alimentaria en este producto de 40% para el año 2008. No obstante la demanda insatisfecha que existe de este producto, la situación de los productores es crítica, debido a los constantes incrementos en los granos para la alimentación del ganado, y a los bajos precios pagados al productor que no han llegado a superar los 4.5 pesos por litro (FIRA, 2010).

En México, en general existen tres tipos de sistemas de producción de leche: lechería a gran escala (Zona Centro-Norte); pequeña escala (Zona Centro), y lechería tropical ó doble propósito (Zona Sur- Este). En la literatura nacional, se reporta que el 80% de la producción de DP se localizan en la región tropical refiriéndose a los estados de Veracruz, (38%), la Huasteca (Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí) (19%), Chiapas (16%) y Tabasco (8%) (Rojo-Rubio *et al.*, 2009).

Sin embargo, en la zona centro del país existen regiones subtropicales (restante 20% de la producción tropical de leche), en donde hay una importante producción de carne y leche. Tal es el caso del Estado de México, que destaca a nivel nacional por los importantes niveles de producción leche, ocupando el octavo lugar, y quinceavo en carne (Sagarpa, 2008).

A nivel estatal, la región suroeste del Estado (región subtropical) contribuye de forma importante a la producción de leche y carne de bovino. En esta región, Zacazonapan ocupa el primer lugar en producción de leche y segundo en carne (Sagarpa, 2008).

El sistema de alimentación es determinado por la estacionalidad en la producción y disponibilidad de forrajes, teniendo dos épocas bien definidas: secas y lluvias. En la época

de lluvias, la alimentación se basa exclusivamente en pastoreo de pastos tropicales, tanto introducidos como nativos, además de herbáceas arbustivas y arbóreas propias de las regiones subtropicales (Ortíz *et al.*, 2010).

Por otro lado, en la época de estiaje (Diciembre - Junio), el forraje disponible en la pradera es escaso y de mala calidad, por lo que los productores tienen la necesidad de suplementar a sus animales con una mezcla de mazorca de maíz molido con concentrado comercial en una relación 50:50, en cantidades que oscilan entre 4 y 9 kg/vaca/día (Albarrán *et al.*, 2009).

El costo de producción por litro de leche en la época de estiaje para unidades de producción de Zacazonapan se estimó en \$4.4, siendo este mayor al precio por litro pagado al productor (\$4.0). De los costos totales de producción, la mano de obra y los concentrados representaron el 44 y 42% de los costos totales de producción, respectivamente (Albarrán *et al.*, 2009).

Si bien es cierto que la mano de obra es el componente que representa la mayor proporción del costo total de producción, al ser ésta primordialmente familiar y por la cual no se hacen erogaciones en efectivo, convierte a los concentrados como el componente de los costos de producción más significativo. Por lo tanto, el desarrollar estrategias de alimentación que sean más eficientes en términos económicos y productivos, permitirá elevar la rentabilidad de este tipo de sistemas, lo cual permitirá incrementar los ingresos de los productores agropecuarios de la región sur del Estado de México.

Los productores de Zacazonapan suplementan a sus vacas en cantidades que oscilan entre 4 y 9 kg/vaca/d, con concentrados hechos por ellos mismos mezclando maíz con concentrados comerciales (50:50), como una forma de reducir costos. El contenido de proteína cruda (PC) resultante de esta mezcla es 140 g/kg/MS.

En ganado lechero se han venido utilizando dietas con niveles de PC de 180 g/kg/MS, como una forma de asegurar un aporte suficiente de proteína metabolizable (PM) que permita lograr altos niveles de producción de leche (Davidson *et al.*, 2003).

Law y colaboradores (2009) evaluaron los rendimientos de leche de vacas con tres niveles de PC (114, 144 y 173 g/kg/MS), en la dieta, encontrando que mayores niveles de PC en la dieta incrementaron significativamente los rendimientos de leche, grasa y proteína de vacas en la primera mitad de lactación (día 1 al 150), así como también el consumo de materia seca (kg/MS/día).

Broderick (2003), reportó incrementos significativos en leche al aumentar los niveles de PC de 151.0 a 167.0 g/kg/MS; sin embargo, cuando los niveles de PC pasaron de 167.0 a 184.0 g/kg/MS, la respuesta ya no fue significativa, observándose una respuesta cuadrática en rendimientos de leche al registrarse mayores niveles de producción de leche en las vacas que recibieron concentrados con 16.7 g/kg/MS de PC en comparación con los rendimientos de vacas que recibieron 184.0 g/kg/MS en los concentrados.

La sobrealimentación con PC incrementa costos de producción, disminuye la eficiencia de utilización de nutrientes (Tamminga *et al.*, 1992), disminuye la fertilidad en vacas (Raja-Schultz *et al.*, 2001), además de producir pérdidas de nitrógeno (N) de la dieta, que son excretados vía heces y orina contaminan cuerpos de agua.

La urea es el producto final del metabolismo de proteína, por lo que excesos de proteína en la dieta que no son utilizados por el animal son descompuestos ha amoniaco, al ser éste tóxico para el organismo, es convertido en urea a través del hígado; por lo que la urea puede ser medida tanto en sangre como en leche. El nitrógeno ureico en leche (NUL), es una herramienta que se utiliza para monitorear la eficiencia de utilización de la proteína de la dieta; así como también puede ser utilizado como un indicador de los niveles de excreción de nitrógeno vía orina y heces, debido a la alta correlación que existe entre estos (Davidson *et al.*, 2003).

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la respuesta productiva y económica de tres tipos de concentrados y dos niveles de PC (140 y 160 g/kg/MS), en vacas en la época de estiaje en Zacazonapan, Estado de México.

Materiales y métodos

Localización

El experimento se realizó en una unidad de producción de doble propósito del Municipio de Zacazonapan, localizado al Sur del Estado de México, ubicado en los paralelos 19° 00' 17'' y 19° 16' 17'' de latitud Norte y del meridiano 100° 12' 55'' al 100° 18' 13'' de longitud Oeste, con una altura de 1.470 m.s.n.m. El experimento se realizó durante la época de estiaje, e inició el 22 de marzo y finalizando el 13 de Junio de 2011 (63 días), con tres periodos experimentales de 21 días.

Animales y mediciones

Se utilizaron seis vacas multíparas (de 2° y 3^{er} parto) de la raza pardo suizo, con un promedio de 73±27 días en lactación al inicio del experimento, peso vivo promedio de 491±57 kg.

Las vacas se ordeñaban a mano una vez al día (8:00 h). Los rendimientos de leche promedio (kg/vaca/d⁻¹), se registraron durante cuatro días seguidos en la última semana del tercer periodo experimental (PE), mediante una báscula tipo reloj con capacidad para 20 kg.

La composición de leche (grasa y proteína g/kg) se determinó mediante la toma de una muestra de la cubeta al final de la ordeña, durante dos días seguidos. Las muestras se analizaron dentro de un periodo no mayor de dos horas posterior a la ordeña, mediante el equipo Ultrasonic Milk Analyzer Lactoscan-S[®]

Peso y condición corporal

Los animales se pesaron al inicio del experimento y al final de cada periodo experimental, con una báscula electrónica ganadera portátil Smart Scale 200 Gallagher [®]. La condición corporal se determinó al momento de pesar a los animales, en una escala de 1 a 5 (donde 1 muy flaco y 5 muy gordo) (Wildman *et al.*, 1982).

Pastoreo

Posterior a la ordeña, las vacas pastorearon libremente en un agostadero con una carga animal de 3.8 ha/vaca. Los pastos presentes en el agostadero son pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*, 44%), encontrándose en menor proporción otros pastos como *Brachiaria plantaginea* (17%), *Paspalum convexum* (12%), *Cynodon dactylon* (11%), *Eleusine indica* (5%), *Paspalum notatum* (4%), *Paspalum conjugatum* (4%), *Paspalum scrobiculatum* (2%), *Digitaria bicornis* (1%) (Ortiz *et al.*, 2010).

Estimación de consumo de materia seca

Las necesidades de consumo de materia seca (CMS), se estimaron utilizando la formula de Vadiveloo y Holmes (1979). Consumo de materia seca CMS (kg/d) = $0.076 + 0.404C + 0.013 - 0.129n + 4.12\log_{10}(n) + 0.14Y$, donde: C son los kg de MS de los concentrados, *n* es la semana de lactación, y *Y* es el rendimiento de leche (kg/d) (AFRC, 1993).

Las necesidades de EM y PM de las vacas se estimaron utilizando las formulas del AFRC (1993).

El forraje consumido por las vacas en la pradera (kg/MS/vaca/d), fue estimado indirectamente al substraer el aporte de MS de los concentrados al CMS total estimado.

Tratamientos

Los tratamientos consistieron en tres concentrados (5 kg/vaca/d¹) con dos niveles de PC (140 y 160 g/kg/MS). El primer tratamiento consistió en maíz mazorca y concentrado comercial (50:50) con un contenido de 140 g/kg de PC, siendo el tipo de concentrado que tradicionalmente utilizan los productores de Zacazonapan (CPr); el segundo tratamiento consistió en el CPr más 70 g/kg/MS de pasta de soya para un contenido de PC de 160 g/kg/MS (concentrado experimental (CE)); y el tercer tratamiento consistió en un concentrado comercial (Genera Leche Purina® al 180 g/kg de PC), pero que de acuerdo al análisis de laboratorio realmente contenía 160 g/kg/MS de PC (CC).

Las vacas tuvieron libre acceso a sales minerales (Fosforisal 120 ® Purina), así como a agua a través de un canal de riego que cruza la pradera donde pastorearon.

Análisis de muestras de alimento y leche

Los análisis de laboratorio se realizaron en el Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Muestras de los concentrados fueron tomadas diariamente durante la última semana de cada PE, mezclándose para obtener una sub-muestra para su análisis en laboratorio. La MS se determinó colocando la muestra en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48 horas hasta llevarla a peso constante. Las cenizas se obtuvieron incinerando las muestras en una mufla a 550 °C durante 6 horas. La proteína cruda (PC) se determinó mediante el método micro Kjeldahl. Los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) a través del método Ankom (ANKOM, 2005).

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de los concentrados y de la pradera se estimó mediante la técnica de producción de gas descrita por Theodorou *et al.*, (1994), con modificaciones de Mauricio *et al.* (1999), utilizando botellas de 160 ml, a las cuales se les adicionó 1±0.002 g de MS de muestra del concentrado y diez ml de líquido ruminal de dos cabras donadoras, alimentadas con una dieta a base de forraje: concentrado (70:30).

La energía metabolizable (EM) (MJ/kg/MO) de los concentrados se estimó a partir de los valores de digestibilidad *in vitro* de la MO (DIVMO) utilizando la fórmula propuesta por Barber *et al.* (1984), $EM (MJ/kg MS) = 0.0157 * DIVMO$, mientras que para pradera se utilizó la fórmula de Givens *et al.* (1988) $EM (MJ/kg MS) = 0.53 + 0.0142 * (DIVMO)$ (AFRC, 1993).

Proteína metabolizable (PM) se estimó a partir de la formula $MP (g/d) = 0.6375MCP + DUP$; donde MCP = proteína bruta microbiana; y DUP = proteína del alimento no degradada digestible (AFRC, 1993).

El nitrógeno ureico en leche (NUL), se determinó a partir de una muestra de leche (40 ml) a la cual se le agregó una pastilla de Bromopol® (preservativo), para posteriormente ser

congelada a -20°C , hasta su análisis en laboratorio. Las determinaciones de NUL se realizaron mediante la técnica de colorimetría enzimática descrita por Chaney y Marbach (1962).

Diseño experimental

Las vacas fueron asignadas al azar a los tratamientos CPr, CE y CC, respectivamente, en un arreglo de Cuadro Latino 3 X 3 repetido dos veces, con periodos experimentales de tres semanas, considerando dos semanas de adaptación a los tratamientos y la última semana para la toma de muestras y medición de las variables productivas, de acuerdo al siguiente modelo (Arriaga-Jordán y Holmes, 1986):

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + V_{j(i)} + P_k + S_l + e_{ijklm}$$

Donde:

μ = Media general

C_i = Efecto de cuadro ($i= 1$ y 2)

$V_{j(i)}$ = Efecto de vaca dentro de cuadro ($j= 1,2$ y 3)

P_k = Efecto de periodo experimental ($k= 1, 2$ y 3)

S_l = Efecto del concentrado ($l= 140, 160$ y 160 g/kg de PC)

e_{ijklm} = Error

Las variables de respuesta fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM, del paquete estadístico SAS (1989). Cuando existieron diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey.

Análisis económico

La metodología de presupuestos parciales fue utilizada para determinar los costos de alimentación, considerando únicamente los costos de los concentrados, así como retornos de la producción de leche (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

Resultados

Temperatura y precipitación

En el Cuadro 1., se presentan las temperaturas máximas mínimas y promedio, así como la precipitación durante la realización del experimento.

Cuadro 1. Temperaturas máximas, mínimas, promedio (° C) y precipitación (mm) durante los meses de marzo a junio 2010, en Zacazonapan, Estado de México

Mes	Máxima	Mínima	Promedio	Precipitación
Marzo	31.1	11.5	21.3	0
Abril	33.9	14.2	24.1	0
Mayo	35.9	13.8	24.9	0
Junio	35.7	16.6	26.1	162.4

Composición química de los concentrados

La composición química de los concentrados se presenta en el Cuadro 2. Los contenidos de PC de los concentrados se encontraron dentro de los objetivos, 140.9, 159.4 y 160.8 g/kg/MS, para CPr, CE y CC, respectivamente.

Los niveles de MS, MO, FDN y EM no mostraron diferencias debida a tratamientos ($P < 0.05$). Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) para FDA y DIVMO (g/kg/MO). Los valores más bajos de FDA se encontraron en los tratamientos CPr y CE, mientras que el valor más alto fue para el CC. En cuanto a la DIVMS los concentrados CPr y CE fueron similares entre estos (800 y 758 g/kg/MO), pero diferentes al CC el cuál registró los valores más bajos (729 g/kg/MO).

Al respecto de la pradera, los contenidos de MS, MO, FDN y FDA fueron altos (Cuadro 2), mientras que los niveles de PC fueron bajos, siendo similares a la composición química de una paja. Lo cual se refleja en los bajos valores de DIVMS y EM.

Cuadro 2. Composición química de concentrados y pradera

Componente g/kg	CPr	CE	CC	Pradera
Materia Seca	907.0	889.1	917.6	725.0
Materia Orgánica	841.7	845.6	813.4	681.3
Proteína Cruda	140.9	159.4	160.8	34.4
Fibra Detergente Neutro	190.4	174.1	197.7	784.5
Fibra Detergente Ácido	90.4 ^a	83.9 ^a	103.2 ^b	441.3
DIVMO (g/kg/MO)	800 ^a	758 ^a	729 ^b	489.2
Energía Metabolizable (MJ/kg/MO)	12.6	12.0	11.4	7.5

CPr= Concentrado del productor, CE= Concentrado experimental, CC= Concentrado comercial.

Literales diferentes en hileras indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

Respuesta productiva

En el Cuadro 3., se presenta el efecto de los concentrados sobre las variables productivas de respuesta. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para ninguna de las variables de respuesta debida a tratamientos. El promedio de producción de leche fue 6.8 kg/vaca/d; mientras que para grasa y proteína se encontraron valores promedio de 20.7 y 31.0 (g/kg). El valor promedio de NUL fue 25.1 (mg/dl). Para peso y condición corporal se encontraron promedios de 495 y 1.6, respectivamente.

Para periodos experimentales, únicamente se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) para contenido proteína y NUL. Para ambas variables en el PE3 se registraron los menores valores 29.6 (g/kg) y 15.7 (mg/dl), respectivamente.

Cuadro 3. Promedio de cuadrados mínimos de la respuesta animal al uso de concentrados con diferente nivel de PC

Tratamiento	CPr	CE	CC	Prom	E.E. M.	PE1	PE2	PE3
Leche (kg/vaca/d ⁻¹)	6.7	6.7	6.9	6.8	0.26	6.4	6.6	7.2
Grasa (g/kg)	22.9	22.0	17.4	20.8	1.56	25.0	18.4	18.9
Proteína (g/kg)	31.0	30.8	31.3	31.0	0.32	31.5 ^a	32.0 ^a	29.6 ^b
NUL (mg/dl)	23.3	22.4	29.7	25.1	2.58	32.9 ^a	26.8 ^a	15.7 ^b
Peso (kg/vaca/d ⁻¹)	491	491	503	495	12.40	492	505	488
Condición corporal (1-5 pts)	1.5	1.7	1.5	1.6	0.02	1.6	1.6	1.6

CPr= Concentrado del productor (maíz-mazorca y concentrado comercial 50:50); CE= Concentrado Experimental (CPr más 70 g de pasta de soya); CC= Concentrado Comercial. PE=Periodo experimental 1, 2 y 3. Prom.= Promedio. E.E.M.= error estándar de la media. NUL= nitrógeno ureico en leche.

Análisis económico

En el Cuadro 4., se presentan los costos por concepto del uso de concentrados, así como los retornos debidos a la producción de leche.

El CC fue el de mayor costo (\$4.0), seguido por CE y CPr con costos de \$3.4 y \$3.3, respectivamente. Los costos totales de los tratamientos se comportaron de igual forma, con una diferencia de \$1,407 entre el CC y el CPr.

Cuadro 4. Costo por kg de leche debido al uso de concentrados

Tratamiento	CPr	CE	CC
Costo por Kg de concentrad	\$3.3	\$3.4	\$4.0
Costo total del concentrado	\$6,153	\$6,506	\$7,560
Kg. leche/tratamiento	2,523	2,514	2,596
Total de retornos en efectivo	\$12,615	\$12,570	\$ 12,980
Margen bruto	\$6,462	\$6,065	\$5,420
Relación gasto en efectivo/retorno	0.49	0.52	0.58
Costo de producción \$/kg de leche	\$2.4	\$2.6	\$2.9
Precio de venta \$/kg de leche	\$5.0	\$5.0	\$5.0
Margen de ganancia \$/kg leche	\$2.6	\$2.4	\$2.1

CPr=Concentrado del productor; CE= Concentrado Experimental; CC= Concentrado Comercial.

El costo de producción más bajo se obtuvo con el CPr (\$2.4), mientras que costo del CE y el CC, incrementó en \$0.20 y \$0.30 con respecto al primero; mientras que el margen de ganancia por kg de leche producido fue mayor en \$0.5 para el CPr con respecto al CC.

Discusión

Mayores niveles de PC en los concentrados CE y CC no tuvieron un efecto significativo en las variables de respuesta animal. Lo que indica que bajo las condiciones de este experimento el utilizar niveles de PC en los concentrados mayores a 140 g/kg de MS, no representan incrementos en producción de leche, ni en el resto de las variables de respuesta animal.

Durante la realización del experimento la temperatura promedio fue de 24.1°C; mientras que las temperaturas máximas registradas alcanzaron los 36°C. Las temperaturas máximas exceden por mucho el rango de temperatura confort para las vacas lecheras ($\leq 25^{\circ}\text{C}$), lo cual pudo haber generado estrés calórico durante parte del día en las vacas. Al haber estrés por calor, los animales disminuyen sus requerimientos de consumo de MS, EM y PM, como una estrategia para reducir el estrés calórico (West, 2003; Berman, 2011).

El NUL refleja la eficiencia de utilización de la proteína en la dieta, por lo que valores altos podrían estar asociados con un pobre desempeño reproductivo y productivo, al reducir la energía metabolizable disponible para producción, generando así un costo energético para los procesos de excreción del exceso de PM (West, 2003).

El nivel promedio de NUL para tratamientos en este trabajo fue 25.1 mg/dl, siendo muy superior a lo reportado por Aguerre *et al.* (2010), quienes alimentaron a vacas Holstein en estabulación con dietas con 16.7 y 18.2% de PC, reportando niveles de NUL de 15.9 y 17.6 mg/dl, respectivamente. De igual forma, superiores a los 11.5 mg/dl reportados por Alfonso-Ávila *et al.* (2011), en vacas Holstein en estabulación suplementadas con concentrados con 18.4% de PC en el altiplano central mexicano.

Aparentemente existe una relación entre altas temperaturas ambientales y altos niveles de NUL; de acuerdo a lo reportado por Melendez *et al.* (2000), quienes encontraron mayores niveles de NUL (rango de 17 a 25 mg/dl) en vacas lecheras en la época de verano, con respecto a las demás épocas en Florida. Estos autores especulan que pudo haber existido una sinergia entre altos niveles de NUL, con efectos negativos debidos a estrés calórico; incrementando el costo energético de la síntesis de urea, así como ocasionando una disminución en el consumo de MS.

Los niveles de NUL para el PE3 (15.7 mg/dl), fueron significativamente menores a los PE1 y PE2 (32.9 y 26.8 mg/dl, respectivamente), pero dentro de los niveles promedio (≤ 16 mg/dl) reportados en la literatura (Olmos-Colmenero y Broderick, 2006). Los niveles decrecientes de NUL para los periodos experimentales, pueden estar relacionados con una disminución en la disponibilidad de forraje en la pradera así como en la calidad de la misma.

La disminución en los niveles de NUL en los periodos, coincide con ligeros incrementos (no significativos) en la producción de leche, así como en peso vivo (Cuadro 3). Posiblemente la disminución de los niveles de NUL en el PE3 influyó esto, ya que la energía que se venía utilizando para transformar y excretar los excesos de proteína en forma de urea, se pudieron haber utilizado en procesos productivos.

Por lo anterior, es posible reducir el contenido de proteína cruda en los concentrados, lo cual permitiría reducir costos de producción, sin afectar la respuesta productiva de los animales representando un ahorro para los productores.

Se ha mencionado que la degradabilidad de la proteína en rumen es crítica bajo condiciones de estrés calórico. Dietas que incluyen proteína no degradable en rumen (39.2% de la PC), tienen un efecto positivo en producción de leche, así como una disminución en el nitrógeno ureico en sangre (Belibasakis *et al.*, 1995). En el Cuadro 3 se observa que el tratamiento que incluyó pasta de soya fue el que registró menores niveles de NUL. Aunque los niveles de NUL en este trabajo fueron no significativos, la inclusión en la dieta de fuentes de proteína no degradable en rumen, como la pasta de soya puede contribuir a disminuir los

niveles de NUL, y por consiguiente menores niveles de excreción de nitrógeno al medioambiente vía orina y heces.

Los contenidos de grasa en leche fueron particularmente bajos (20.7 g/kg). Al respecto, Hernández-Morales *et al.*, (2011), reportaron valores de grasa en leche de 6 queserías en Zacazonapan, que acopian el 80% de la leche producida, los contenidos de grasa oscilaron entre 14.9 y 32.1 con un promedio de 26.7 g/kg. Lo cuales, al igual que los valores reportados para este trabajo se encuentran por debajo de los valores promedio para leche de vaca reportados en la literatura. Lo anterior puede deberse a un efecto estacional relacionado con una baja disponibilidad de forraje en la pradera.

El tratamiento que generó menores costos de producción por concepto de compra de concentrados fue el CPr, con \$2.4/kg de leche, mientras que los tratamientos CE y CC fueron mayores en \$0.2 y \$0.5, respectivamente, lo que representa 8 y 17% mayor costo. El costo total de los concentrados CE y CC fueron mayores en 5 y 19% respecto al CPr.

La diferencia en kilogramos de leche producidos entre el tratamiento con mayores rendimientos (CC), y el de menores rendimientos (CE) fue de 82 kg, los que significan \$410 más para el tratamiento CC, pero en este tratamiento se generaron \$1,054 más de costos en comparación con el tratamiento CE, debido al mayor precio por kg de concentrado.

Lo anterior indica que el CC es insostenible en el largo plazo, a lo que habrá que sumársele que las perspectivas a futuro indican volatilidad y precios altos de alimentos y granos a nivel mundial en la presente década, debido al fuerte vínculo entre la agricultura y el mercado de energéticos, así como a los cada vez más frecuentes climas extremos que ocasionan pérdidas en los cultivos (FAO, 2011).

Bajo las condiciones en que se realizó este experimento la mejor alternativa para el productor sería el uso del maíz producido dentro de la unidad de producción, y el uso de pasta de soya como fuente de proteína, remplazando así a los concentrados comerciales, de esta forma los productores podrían reducir la dependencia de insumos externos a la unidad

de producción, sobre todo de concentrados comerciales lo cual impactaría en menores costos de producción.

Conclusión

Niveles de proteína cruda de 160 g/kg/MS en concentrados no representan una ventaja en términos productivos y económicos en comparación con concentrados con 140 g/kg/MS proteína cruda. El concentrado del productor fue el que generó menores costos de producción por litro de leche \$2.4. Los niveles promedio de NUL encontrados en este trabajo (25.1 mg/dl), son mayores a los reportados en la mayoría de la literatura nivel nacional e internacional.

Agradecimientos

El autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca recibida durante la realización de sus estudios de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. También se agradece el apoyo de la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la UAEMex, por el apoyo al proyecto de investigación titulado “Caracterización del Sistema de Producción de Leche en Zacazonapan, Estado de México, clave 2564/2007U, así como también a los productores de Zacazonapan por el apoyo a dicho proyecto, en particular a Jesús Arroyo Arroyo.

Referencias

- Aguerre, M.J., Wattiaux, M.A., Hunt, T., Larget, B.R. 2010. Effect of dietary crude protein on ammonia-N emission measured by herd nitrogen mass balance in a freestall dairy barn management under farm-like conditions. *Animal*. 4:1390-1400.
- AFRC. 1993. Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes. CAB International, Editorial Acirbia, España.
- Albarrán Portillo, B., Salas Reyes, I.G., Esparza Jiménez, S., Hernández Martínez, J., Rebollar Rebollar, S., García Martínez, A. 2009. Caracterización Socioeconómica de un sistema de producción de Doble Propósito en el Sur del Estado de México. Coordinadores Beatriz A. Cavallotti Vázquez, Carlos F. Marcof Álvarez, Benito

- Ramírez Valverde. En *Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis*. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 179-190.
- Arriaga-Jordan, C.M., Holmes, W. 1986. The effect of concentrate supplementation on high yielding dairy cows under two systems of grazing. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 107:453-461.
- Ankom Technology. 2005. Procedures (for NDF, ADF, and in vitro Digestibility). (ANKOM Technology Method. <http://www.ankom.com/> (Acezado el 25 Marzo de 2006).
- Alfonso-Ávila, A.R., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., Arriaga-Jordán, C.M. 2011. Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during rainy season in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. En prensa.
- Belibasakis, N.G., Ambatzidis, P., Aktsali, P., Tsirgogianni, D. 1995. Effects of degradability of dietary protein on milk production and blood components of dairy cows in hot weather. *World Review Animal Production*. 30:21-26.
- Berman, A. 2011. Are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates?. *Journal of Dairy Science*. 94:2147-2158.
- Broderick, G.A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86:1370-1381.
- Chaney, A-L., Marbach, E.P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*. 8:130-132.
- Davidson, S., Hopkins, B.A., Diaz, D.E., Bolt, S.M., Brownie, C., Fellner, V. and Whitlow, L.W. 2003. Effects of amounts and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early lactation Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 86:1681-1689.
- FIRA. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 2010. Panorama agroalimentario: Leche y lácteos, 2010. Dirección General Adjunta de Inteligencia Sectorial. Dirección de análisis Económico y Sectorial.
- Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T., Arriaga-Jordán, C.M., 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty, *Experimental Agriculture*, 43, 241-256.
- Hernández, M. C., Hernández M. A., Villegas de Gante, A.Z., Aguirre M. E., 2011. El proceso-técnico de producción de Queso Añejo de Zacazonapan, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2(2):161-176.

- Lactodata, 2011. Disponible en www.lactodata.com.
- Law, R.A., Young, F. J., Patterson, D. C., Kilpatrick, D. J. Wylie, A. R. G., Mayne, C. S. 2009. Effect of dietary protein content on animal and blood metabolites of dairy cows during lactation. *Journal of Dairy Science*. 92:1001-1012.
- Mauricio, R.M., Mould, F. L., Dhanoa, M.S., Owen, E., Channa, K. S., Theodoou, M. K. 1999. Semi automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*. 79:321-330.
- Melendez, P., Donovan, A., and Hernandez, J. 2000. Milk urea nitrogen and fertility in Florida Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 83:459-463.
- Olmos-Colmenero, J.J., Broderick, G.A. 2006. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89:1704-1712.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2006. Disponible en: www.foostat.com.
- Ortíz R, A., García Martínez, A., Rojo Rubio, R., Albarrán Portillo, B. 2010. Efecto de los sistemas de producción bovino de Zacazonapan, sobre la diversidad vegetal de las unidades de producción. Coordinadores: Cavallotti Vázquez, B. Marcof Álvarez, C., y Ramírez Valverde, B. En: Los grandes retos para la ganadería: hambre, pobreza y crisis ambiental. Capitulo 2. Crisis ambiental y producción ganadera. Universidad Autónoma Chapingo, México.pp. 105-115.
- Rojo R. R., Vázquez A. JF., Pérez H. P., Mendoza M. G., Salem, A., Albarrán P. B., González, R. A., Hernández M., J., Rebollar R., S., Cardoso-J., D., Dorantes C. E., Gutiérrez C. J. 2009. Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 41:715-721.
- SAGARPA Secretaria de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2008. Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). www.siap.sagarpa.gob.mx.
- Statistical Analysis Systems Institute. 1989. Release 8.2 (TS2M0). SAS, Cary, NC.
- Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science*. 75:345-357.
- West, J.W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 86:2131-2144.

Wildman, E.E., Jones, G.M., Wagner, P. E., Bomas, R.L., Troutt, H.F. Jr., Lesch, T.N.
1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected
production characteristics. *Journal of Dairy Science*, 65:495–501.

VIII. Conclusión

Bajo las condiciones en que se realizó este experimento la mejor alternativa para el productor sería el uso del maíz producido dentro de la unidad de producción, y el uso de pasta de soya como fuente de proteína, remplazando así a los concentrados comerciales, de esta forma los productores podrían reducir la dependencia de insumos externos a la unidad de producción, sobre todo de concentrados comerciales lo cual impactaría en menores costos de producción.

IX. Bibliografía

- Aguerre, M.J., Wattiaux, M.A., Hunt, T., Larget, B.R. 2010. Effect of dietary crude protein on ammonia-N emission measured by herd nitrogen mass balance in a freestall dairy barn management under farm-like conditions. *Animal*. 4:1390-1400.
- AFRC. 1993. Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes. CAB International, Editorial Acribia, España.
- Albarrán Portillo, B., Salas Reyes, I.G., Esparza Jiménez, S., Hernández Martínez, J., Rebollar Rebollar, S., García Martínez, A. 2009. Caracterización Socioeconómica de un sistema de producción de Doble Propósito en el Sur del Estado de México. Coordinadores Beatriz A. Cavallotti Vázquez, Carlos F. Marcof Álvarez, Benito Ramírez Valverde. En *Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis*. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 179-190.
- Arriaga-Jordan, C.M., Holmes, W. 1986. The effect of concentrate supplementation on high yielding dairy cows under two systems of grazing. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 107:453-461.
- Ankom Technology. 2005. Procedures (for NDF, ADF, and in vitro Digestibility). (ANKOM Technology Method. <http://www.ankom.com/> (Acezado el 25 Marzo de 2006).
- Alfonso-Ávila, A.R., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., Arriaga-Jordán, C.M. 2011. Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during rainy season in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. En prensa.
- Belibasakis, N.G., Ambatzidis, P., Aktsali, P., Tsirgogianni, D. 1995. Effects of degradability of dietary protein on milk production and blood components of dairy cows in hot weather. *World Review Animal Production*. 30:21-26.
- Berman, A. 2011. Are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates?. *Journal of Dairy Science*. 94:2147-2158.

- Broderick, G.A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86:1370-1381.
- Chaney, A-L., Marbach, E.P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*. 8:130-132.
- Davidson, S., Hopkins, B.A., Diaz, D.E., Bolt, S.M., Brownie, C., Fellner, V. and Whitlow, L.W. 2003. Effects of amounts and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early lactation Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 86:1681-1689.
- FIRA. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 2010. Panorama agroalimentario: Leche y lácteos, 2010. Dirección General Adjunta de Inteligencia Sectorial. Dirección de análisis Económico y Sectorial.
- Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T., Arriaga-Jordán, C.M., 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty, *Experimental Agriculture*, 43, 241-256.
- Agricultural and Fisheries Research Council (AFRC). 1993. Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes. CAB International, Editorial Acribia, España.
- Aguerre, M. J., Wattiaux, M. A., Hunt, T. and Larget, B. R. 2010. Effect of dietary crude protein on ammonia-N emission measured by herd nitrogen mass balance in a freestall dairy barn management under farm-like conditions. *Animal*. 4:1390-1400.
- Albarrán P, B. 2001 Tesis de Maestría. Evaluación de la inclusión de ensilado de maíz y alimento concentrado en la alimentación de vacas lecheras en pastoreo en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el Valle de Toluca México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Albarrán Portillo B., Salas Reyes, I. G., Esparza Jiménez, S., Hernández Martínez J., Rebollar Rebollar S y García Martínez, A. 2009. Caracterización Socioeconómica de un sistema de producción de Doble Propósito en el Sur del Estado de México. Capítulo de libro. En *Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis*.

- Coordinadores Beatriz A. Cavallotti Vázquez, Carlos F. Marcof Álvarez, Benito Ramírez Valverde. Universidad Autónoma Chapingo. 179-190 pp.
- Alfonso-Ávila, A. R., Wattiaux, M. A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E. y Arriaga-Jordán, C.M. 2011. Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during rainy season in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. En prensa.
- Ankom Technology, 2005. Procedures (for NDF, ADF, and in vitro Digestibility). (ANKOM Technology Method. <http://www.ankom.com/> (Acezado el 25 Marzo de 2006).
- Arriaga-Jordan, C. M., and Holmes, W. 1986. The effect of concentrate supplementation on high yielding dairy cows under two systems of grazing. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 107:453-461.
- Baker AM, JD Leaver. 1995. Effect of stocking rate in early season on dairy cow performance and sward characteristics. *Grass Forage Sci* 41, 333-340.
- Balcells, J., C. Castrillo, J. Guada, y M. Fondevila. 1992. Efecto de la dilución con paja de dietas destinadas al engorde de corderos sobre la ingestión voluntaria y el ritmo de ganancia en peso. *I.T.E.A. Vol. Extra No. 7. II jornadas sobre Producción Animal*. pp. 37-41.
- Baldizan, A y E. Chacón. 1998. Valor nutritivo de las forrajeras y otros recursos alimentarios en los llanos centrales de Venezuela. En: *I curso sobre manejo de pasturas para la producción con rumiantes*. Universidad Experimental Rómulo Gallegos. Edo. Guarico. 65p.
- Balocchi O, R Pulido, J Fernández. 2002. Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación de concentrado. *Agri Téc* 62, 87-98.
- Bargo F, LD Muller, ES Kolver, JE Delahoy. 2003. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J Dairy Sci* 86, 1-42.

- Bargo F, LD Muller, JE Delahoy, TW Cassidy. 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *J Dairy Sci* 85, 1777-1792.
- Bateman J. 1970. *Nutrición animal. Manual de métodos analíticos.* Centro Regional de Ayuda Técnica, México.
- Belibasakis, N.G., Ambatzidis, P., Aktsali, P. and Tsirgogianni, D. 1995. Effects of degradability of dietary protein on milk production and blood components of dairy cows in hot weather. *World Review Animal Production.* 30:21-26.
- Berman, A. 2011. Are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates?. *Journal of Dairy Science.* 94:2147-2158.
- Bertin R. 2006. Efecto de dos niveles de fitomasa de pre y postpastoreo sobre características productivas de una pradera permanente en primavera. Memoria de Título, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Broderick, G. A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 86:1370-1381.
- Broderick, G. A. 2006. Nutritional strategies to reduce crude protein in dairy diets. 21st Annual Southwest Nutrition & Management Conference. February 23-24. Tempe, Arizona
- Broderick, G. A. y M K. Clayton 1997. A Statistical Evaluation of Animal and Nutritional Factors Influencing Concentrations of Milk Urea Nitrogen. *J Dairy Sci* 80:2964–2971
- Chaney, A. L. and Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry.* 8:130-132.
- Chen XB, Kyle DJ, Orskov ER. Measurement of allantoin in urine and plasma y high-performance liquid chromatography with precolumn derivatisation. *J Chromatography* 1993; 575:153-7.

- Church, D. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Edit. Acribia,. Zaragoza. España. 544p.
- Church, D. C. y J. P. Fontenot. 1979. Nitrogen metabolism. In: Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Vol 2. Ed. D.C. Church, O & B. Books, Inc. Oregon.
- Church, D. y Y. Pond. W. G. 1977. Bases científicas para la nutrición de los animales domésticos. Edit. Acribia. Zaragoza. España. 462p.
- Cochran, W. G. 1984. Técnicas de muestreo Ed. C.E.S.A. México, D.F. 513 pp.
- Coffey MP, G Simm, JD Oldham, WG Hill, S Brotherstone. 2004. Genotype and diet effects on energy balance in the first three lactations of dairy cows. J Dairy Sci 87, 4318-4326.
- Combellas, J. de 1992. Suplementación proteica de bovinos de doble propósito. En III ciclo de conferencias, producción de leche. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. pp.
- Combellas, J. de. 1980. Parámetros productivos y reproductivos de ovejas tropicales en sistemas de producción mejorados. Producción Animal Tropical. 5(3) 290-297.
- Combellas, J. de. 1986. Alimentación de las vacas lecheras en el trópico. Luna print. Maracay. 160p.
- Delahoy, J.E, L.D. Muller, F. Bargo, T.W. Cassidy y L.A. Holden 2003. Supplemental Carbohydrate Sources for Lactating Dairy Cows on Pasture. J. Dairy Sci. 86:906-915
- East of Scotland College of Agriculture (ESCA). Condition score of cattle. Bulletin No.6.1976.
- El Financiero en línea. Inician lecheros un complicado 2010. Acezado el 15 de Enero de 2010. www.elfinanciero.com.mx.
- Esparza J, S. 2009. Análisis de costos de producción y rentabilidad de la lechería de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Licenciatura

de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Centro Universitario UAEM Temascaltepec.
Universidad Autónoma del Estado de México

Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T. and Arriaga-Jordán, C. M., 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty, *Experimental Agriculture*, 43, 241-256.

FAO- IAEA, Food and Agriculture Organization - International Atomic Energy Association. 1993. Nutritional Metabolite Kit Protocols. Ed. Joint FAO/IAEA Division, Animal Production and Health Section.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2006. Disponible en: www.foostat.com.

Ferguson, J. D. 2001. Milk Urea Nitrogen. Center for Animal Health and Productivity, University of Pennsylvania

FIA-UACH. 1995. Composición de alimentos para el ganado en la zona sur. Universidad Austral de Chile. Fundación Fondo de Investigación Agropecuaria (eds). Ministerio de Agricultura, Editorial Universitaria, Valdivia, Chile.

FIRA, 2002h. Boletín Informativo No. 327. Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red de leche en México pp. 92-131

Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). 1995. Evaluation of tropical feed resource for ruminant. Draft Working Paper for First FAO Electronic Conference on Tropical Feeds and Feeding Systems. 22p.

Forbes, J. M. 1986. The voluntary food intake of farm animals. Butterworth, London.

Garrido O, E Mann. 1981. Composición química, digestibilidad y valor energético de una pradera permanente de pastoreo a través del año. Memoria de Título, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

- Gibb MJ, CA Huckle, R Nuthall. 2002. Effects of level of concentrate supplementation on grazing behaviour and performance by lactating dairy cows grazing continuously stocked grass swards. *Anim Sci* 74, 319-335.
- Gibb, M., y Treacher, T. 1980. The effect of ewe body condition at lambing on the performance of ewes and their lambs at pasture. *J. Agricul. Sci.* 95(3):631-640.
- Godden, S. S. 2001. Milk Urea Nitrogen Testing. Vol. . No. 2. Ontario DHI fact finder, 41-006-98. [Online] Available:
- Godoy S., C. F. Chicco y N. E. Obispo. 1993. Suplementación de bovinos en crecimiento y engorde con concentrados nitrogenados con y sin tratamiento con formaldehído. I. Ganancia de peso y digestibilidad. *Zoot. Tropical* 11(2):211-240.
- Goering H, P Van Soest. 1972. Análisis de fibra de forraje. Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Grainer C, GL Mathews. 1989. Positive relation between substitution rate and pasture allowance for cows receiving concentrates. *Aust J Exp Agric* 29, 355-360.
- Hammond, A. C. 1997. Update on BUN and MUN as a guide for protein supplementation in cattle. 8th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. Proceedings, Gainesville, FL
- Hernández Morales, C., Hernández Montes, A., Villegas de Gante, A. Z., y Aguirre Mandujano, E. 2011. El proceso-técnico de producción de Queso Añejo de Zacazonapan, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2(2):161-176.
- Hernández-Morales, C., Hernández Montes, A., Villegas de Gante, A.Z., Aguirre Mandujano, E. 2011. El proceso-técnico de producción de Queso Añejo de Zacazonapan, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2(2):161-176.
- Hodgson J. 1990. *Grazing Management. Science into Practice*. Longman Scientific and Technical. Essex, England, Pp 203.

- HOF, G., S. TAMMINGA, and P. J. LENAERS. 1994. Efficiency of protein utilization in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 38 : 169
- <http://www.western dairyscience.com/html/WDDigest/WDD%201.2%20Winter%202000/html/1220aMilkUrea.html>
- Jarrique, R., M. Journet y R. Verite, 1981. Nitrógeno. En: Alimentación de los rumiantes. Ed. I.N.R.A. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 37-139.
- Jung, H. G. y M. S. Allen. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 73:2774-2790.
- Kauffman, A. J. y N. R. St-Pierre. The Relationship of Milk Urea Nitrogen to Urine Nitrogen Excretion in Holstein and Jersey Cows. *J. Dairy Sci.* 84 (10): 2284.
- Kellaway R, S Porta. 1993. Feeding concentrates: Supplements for dairy cows. Dairy Research and Development Corporation, Glen Iris, Victoria, Australia.
- Kennedy E, M O'Donovan, FP O'Mara, JP Murphy, L Delaby. 2007. The Effect of Early-Lactation Feeding Strategy on the Lactation Performance of Spring-Calving Dairy Cows. *J Dairy Sci* 90, 3060-3070.
- Kennedy, P. M. y L. P. Milligan. 1978. Transfer of urea from the blood to the rumen of sheep. *Br. J. Nutr.* 4.
- Knowlton KF, TE Dawson, BP Glenn, GB Huntington, RA Erdman. 1998. Glucose metabolism and milk yield of cows infused abomasally or ruminally with starch. *J Dairy Sci* 81, 3248-3258
- Kolver E, L.D. Muller, G.A. Varga y T. J. Cassidy 1998. Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:2017-2028.
- Kolver ES, LD Muller. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J Dairy Sci* 81, 1403-1411

- Law, R.A., Young, F. J., Patterson, D. C., Kilpatrick, D. J. Wylie, A. R. G., Mayne, C. S. 2009. Effect of dietary protein content on animal and blood metabolites of dairy cows during lactation. *Journal of Dairy Science*. 92:1001-1012.
- Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of poor quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.* 3:277-303
- León Godoy S. de., y C. F. Chicco. 1991a. Suplementación con urea y niveles crecientes de harina de algodón en bovinos alimentados con forraje de pobre calidad. *Zoot. Tropical*. 9:105-129.
- León Godoy S. de., y C. F. Chicco. 1991b. Suplementación de bovinos alimentados con forraje de pobre calidad con fuentes de proteínas de diferentes tasas de degradación ruminal. *Zoot. Tropical*. 9:131-144.
- Loosli, J. K. e I. W. McDonald, I. W. 1969. El nitrógeno no proteico en la alimentación de rumiantes. *Estudios Agropecuarios*. N°.75. F.A.O. Roma. 107 pp.
- Mauricio, R M., Mould, F. L., Dhanoa, M. S., Owen, E., Channa, K. S., Theodoou, M. K. 1999. Semi automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*. 79:321-330.
- Mauricio, R.M., Mould, F. L., Dhanoa, M.S., Owen, E., Channa, K. S., Theodoou, M. K. 1999. Semi automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*. 79:321-330.
- Maynard, L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz y R. G. Warner. 1981. *Nutrición Animal*. Ed. McGraw-Hill. México. 640 pp.
- Mayne, C. S. 2006. Effects of nutrition and other management factors on oestrus detection in high yielding dairy cows. Pages 25–29 in *Proc. Nottingham Cattle Fertility Conf.* The University of Nottingham, Br. Cattle Vet. Assoc
- Mazanov, A. y J. V. Nolan. 1976. Simulation of the dynamics of nitrogen metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.* 35:149-174.

- Mc Gilloway DA, CS Mayne. 1996. The importance of grass availability for the high genetic merit dairy cow. In: Garnsworthy PC, Wiseman J, Haresign W (eds). *Recent Advances in Animal nutrition 1996*. Nottingham University Press, Nottingham, UK, Pp 135-169.
- Noro M, V Vargas, RG Pulido, F Wittwer. 2006. Efecto del tipo de concentrado sobre indicadores sanguíneos del metabolismo de energía y de proteínas en vacas lecheras en pastoreo primaveral. *Arch Med Vet* 38, 227-232
- McCullum III, T. 1997. Supplementation strategies for beef cattle. [On line] Available:<http://agpublications.tamu.edu/pubs/eanim/b6067.pdf>. [Octubre 15, 1997].
- McDonald IM. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *J Agric Sci Camb* 96, 251-252.
- McEvoy M, E Kennedy, JP Murphy, TM Boland, L Delaby, M O'Donovan. 2008. The Effect of Herbage Allowance and Concentrate Supplementation on Milk Production Performance and Dry Matter Intake of Spring-Calving Dairy Cows in Early Lactation. *J Dairy Sci* 91, 1259-1269
- Melendez, P., Donovan, A., and Hernandez, J. 2000. Milk urea nitrogen and fertility in Florida Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 83:459-463.
- Melendez, P., Donovan, A., and Hernandez, J. 2000. Milk urea nitrogen and fertility in Florida Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 83:459-463.
- Menke HK, Steingass H. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Research Development*, 1988; (28) 8-55
- Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake. In: G. C. Fahey, Jr., M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser (Ed.) *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. pp 450-493. ASA-CSSA-SSSA, Madison WI.
- Minson, D .J. 1981. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. In: *Nutritional limits to animal production from pastures proceedings of an International Symposium heald at Sta. Lucia*. Ed. J.R. Hacker, Queensland, Australia. pp. 187-197.

- Mishra, M., F. A. Martz, R. W. Stanley, H. D. Johnson, J. R. Campbell, and E. Hildebrand. 1970. Effect of diet and ambient temperature-humidity on ruminal pH, oxidative reduction potential, ammonia and lactic acid in lactating cows. *Journal of Animal Science*. 30:1023-1028.
- National Research Council (NRC). 1985. *Nutrient Requirement of Sheep*. Sixth revised edition. National Academy of Sciences, Washington, DC, USA. 99pp.
- National Research Council (NRC). 1996. *Nutrient requirements of beef cattle*. Seventh revised edition. National Academy Press. Washington, D.C.
- Nava C. y A. Díaz. 2001. *Introducción a la Digestión Ruminal*. Departamento de Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. [Online]: http://www.veterin.unam.mx/fmvz/enlinea/Ruminal/digest_ruminal.htm.
- Nolan, J.V. y Leng, R.A. 1972. Dynamic aspects of ammonia and urea metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.* 27:177-194.
- NRC, 2007 *Nutrient requirements of dairy cattle*. Seventh Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C. 363 pp
- Obispo, N. E., P. Pares, C. Hidalgo, J. Palma y S. Godoy. 2001. Consumo de forraje y ganancia diaria de peso en bovinos de carne en crecimiento suplementados con fuentes proteicas. *Zootecnia Trop.*, 19:423-442.
- Oldham, J. D. P. J. Buttery, H. Swan y D. Lewis. 1977. Interactions between dietary carbohydrate and nitrogen and digestion in sheep. *Br. J. Nutr.* 89:467-479.
- Olmos-Colmenero, J. J., and Broderick, G. A. 2006. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89:1704-1712.
- Olmos-Colmenero, J.J., Broderick, G.A. 2006. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89:1704-1712.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006.
Disponible en: www.foostat.com
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2010.
Disponible en: www.foostat.com
- Orskov ER, I McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J Agric Sci Camb* 92, 499-503
- Ørskov, E. R. 1976. Factores que influyen la utilización del nitrógeno proteico y el no proteico (NNP) en rumiantes jóvenes. *Producción Animal Tropical*. 3: 95-102.
- Ørskov, E. R. 1976. The effect of processing on digestion and utilization of cereals by ruminants. *Proceedings Nutrition Society* 35:245-252.
- Ørskov, E. R. 1982. *Protein nutrition in rumiantes*. Academic Press, Inc. Londres
- Ortíz R, A., García Martínez, A., Rojo Rubio, R., Albarrán Portillo, B. 2010. Efecto de los sistemas de producción bovino de Zacazonapan, sobre la diversidad vegetal de las unidades de producción. Coordinadores: Cavallotti Vázquez, B. Marcof Álvarez, C., y Ramírez Valverde, B. En: *Los grandes retos para la ganadería: hambre, pobreza y crisis ambiental*. Capítulo 2. Crisis ambiental y producción ganadera. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 105-115.
- Ortíz R, A., García Martínez, A., Rojo Rubio, R., y Albarrán Portillo, B. Efecto de los sistemas de producción bovino de Zacazonapan, sobre la diversidad vegetal de las unidades de producción. En: *Los grandes retos para la ganadería: hambre, pobreza y crisis ambiental*. Capítulo 2. Crisis ambiental y producción ganadera. P 105-115. Coordinadores: Cavallotti Vázquez, B. Marcof Álvarez, C., y Ramírez Valverde, B. Universidad Autónoma Chapingo. 2010.
- Owens, F. N. y W. G. Bergen. 1983. Nitrogen metabolism of ruminant animals: Historical perspective, current understanding and future implications. *J. Anim. Sci.* 57:498-518.

- Parra, R. 1984. Aspectos básicos de la nutrición nitrogenada de los rumiantes en el trópico. En: I curso sobre alternativas para la intensificación del engorde de bovinos en el Trópico. COLVEZA. Medellín. Colombia. 33p.
- Parra, R; J. Combellas y E. González. 1972. Composición y valor nutritivo de forrajes producidos en el trópico. 2. fracciones químicas que afectan la disponibilidad de los componentes fibrosos. *Agron. Trop.* 22: 219-230.
- Peyraud JL, L Delaby. 2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. In: Garnsworthy PC, Wiseman J (eds). *Recent Advances in Animal nutrition.* Nottingham University Press, Nottingham, UK, Pp 203.
- Peyraud, J.; Gonzalez, A. 2001. Relations between grass production, supplementation and intake in grazing dairy cows. *Grassland Science in Europe Vol. 5;* 269-282
- Peyraud, J.L., Astigarraga, L., Faverdin, P., 1997. Digestion of fresh perennial ryegrass fertilized at two levels of nitrogen by lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 64, 155– 171
- Pulido R, JD Leaver. 2000. Degradabilidad ruminal del forraje disponible en las praderas y el aparentemente consumido por vacas lecheras. *Pesq Agropec Bras* 35, 1003-1009.
- Pulido RG, JD Leaver. 2001. Quantifying the influence of sward height, concentrate level, and initial milk yield on the milk production and grazing behaviour of continuously stocked dairy cows. *Grass Forage Sci* 56, 57-67
- Pulido RG, S Berndt, P Orellana, F Wittwer. 2007. Effect of the source of carbohydrate in concentrate on the performance of high producing dairy cows during spring grazing. *Arch Med Vet* 39, 19-26
- R. A. Law., F. J. Young, D. C. Patterson, D. J. Kilpatrick, † A. R. G. Wylie, † and C. S. Mayne, 2009. Effect of dietary protein content on the fertility of dairy cows during early and mid lactation.

- Riquelme C, RG Pulido. 2008. Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre el consumo voluntario y comportamiento ingestivo en vacas lecheras a pastoreo primaveral. Arch Med Vet 40, 243-249.
- Riquelme, E. 1984. Suplementación y efectos asociativos en dietas basadas en sub-productos agrícolas. Memorias del seminario sobre utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de rumiantes. Colegio de Posgraduados. México pp 1-24.
- Robaina AC, C Grainger, P Moate, J Taylor, J Stewart. 1998. Responses to grain feeding by grazing dairy cows. Aust J Exp Agric 38, 541-549.
- Rojo R. R., Vázquez A. J., Pérez H. P., Mendoza M. G., Salem, A., Albarrán P. B., González R. A., Hernández M. J., Rebollar R. S., Cardoso J., D., Dorantes C. E., Gutiérrez C. J. 2009. Dual purpose cattle production in Mexico. Tropical Animal Health and Production. 41:715-721.
- SAGARPA Secretaria de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2008. Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). www.siap.sagarpa.gob.mx.
- SAGARPA, Situación actual y perspectivas de la producción de leche de bovino en México 2008. Coordinación General de Ganadería
- SAS User's Guide: Statistics, Version 8. Edition. 1999. SAS Inst., Inc., Cary, NC. USA.
- Satter, L. D. y L. L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein in vitro. Br. J. Nutr. 32:199-208.
- SIAP, SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación) 2009. Dirección de Ganadería. Disponible: García, L., Martínez, E. y Salas, H. (2000). "La experiencia del cooperativismo en el subsector lácteo", el caso de la Laguna en Antonio
- Slyter, L. L. L. D. Satter y D. A. Dinius. 1979. Effect of ruminal ammonia concentration on nitrogen utilization by steers. J. Anim. Sci.. 48:906-912.

- Statistical Analysis Systems Institute. 1989. Release 8.2 (TS2M0). SAS, Cary, NC.
- Tamminga, S. 1979. Protein degradation in the forestomach of ruminants. *J. Anim. Sci.* 49:1615-1630.
- Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science.* 75:345-357.
- Tamminga, S., 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *J. Dairy Sci.* 75, 345– 357
- Thornton, R. F, y D. J. Minson. The relationship between apparent retention time in the rumen, voluntary intake, and apparent digestibility of legume and grass diets in sheep. *Australian J. Agricul. Res.*, 24: 889 – 898.
- Tilley JMA, RA Terry. 1963. A two stage technique for in vitro digestion of forage crops. *J Br Grassl Soc* 18, 104-111.
- Valdés De Leon, L. (2009, 27 Enero). Sagarpa justifica la importación de leche. Febrero, 4 de 2009. www.milenio.com.
- Van Soest PJ, J Robertson, B Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991, 3583-3595
- Van Soest, P. J. 1982. *Nutritional Ecology of the ruminants.* O. & B. Books, Inc., Corvallis. Oregon. USA. 374p.
- Van Vuuren AM, S Tamminga, RS Ketelaar. 1991. In sacco degradation of organic matter and crude protein of fresh grass (*Lolium perenne*) in the rumen of grazing dairy cows. *J Agric Sci Camb* 116, 429-436.
- Vilaboa, A. J.; Díaz, R. P.; Ruiz, R. O.; Platas, R. E. D.; González, M. S., y Juárez, L. F., 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.*10:53-62.

West, J.W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 86:2131-2144.

West, J.W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 86:2131-2144.

Wildman, E.E., Jones, G.M., Wagner, P. E., Bomas, R.L., Troutt, H.F. Jr., Lesch, T.N. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*, 65:495–501.

Wildman, E.E., Jones, G.M., Wagner, P. E., Bomas, R.L., Troutt, H.F. Jr. and Lesch, T.N., 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics, *Journal of Dairy Science*, 65:495–501.