



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC
LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

T E S I S

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

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

PRESENTAN:

**SALVADOR OSORIO GONZÁLEZ
EDGAR WILFRIDO OSORIO GONZÁLEZ**

DIRECTOR DE TESIS

DR. BENITO ALBARRÁN PORTILLO

ASESORES

**DR. ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ
DRA. FRANCISCA AVILÉS NOVA**

TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO, 2013

Dedicatorias

La presente tesis se la dedicamos a nuestra familia que gracias a sus consejos y palabras de aliento crecimos como personas. A nuestros padres Andrés y Maura. A nuestros hermanos Yesenia, Andrés y Manuel por su apoyo confianza y amor. Gracias por ayudarnos a cumplir nuestros objetivos como personas y estudiantes. A nuestros padres, abuelitos, tíos, por brindarnos los recursos necesarios y estar a nuestro lado apoyándonos y aconsejándonos siempre.

Agradecimientos

Le agradecemos a dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y brindarnos una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

Al Dr. Benito Albarrán Portillo, quien lejos de ser sólo un director de tesis ha sido un amigo, y no nos queda más que, con admiración y respeto agradecerle su apoyo, orientaciones y confianza para la realización de este logro en nuestro desarrollo profesional.

A la IAZ. Isela G. Salas Reyes por su ayuda en el trabajo de campo y laboratorio, así como por sus consejos para la redacción de éste trabajo.

A nuestros asesores Dr. Anastasio García Martínez y Dra. Francisca Avilés Nova quien en todo momento nos orientaron, y contribuyeron al enriquecimiento de este trabajo con sus comentarios críticos y reflexivos.

A la H. comisión revisora, Dr. Rolando Rojo Rubio y Dr. Germán Gómez Tenorio, quienes con sus comentarios y revisiones lograron enriquecer este trabajo y contribuyeron de manera definitiva en nuestra formación.

Al proyecto “Estrategias de Alimentación de Bajo Costo para Sistemas de Producción de Doble Propósito en el Sur Oeste del Estado de México, clave 3293/2012M, financiado por la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Finalmente, a todos los que de una manera directa o indirecta facilitaron este trabajo y nuestro desarrollo profesional.

Contenido

I. Introducción.....	10
II. Revisión de literatura.....	12
2.1 La producción y consumo de leche y sus derivados en el mundo	12
2.2 Situación actual y perspectivas de la producción de leche de bovino en México	17
2.3 Volumen de leche producida en México	18
2.3.1. Importancia de la producción láctea en el Estado de México.....	20
2.3.2 Estacionalidad de la producción.....	21
2.3.3 Insumos alimenticios	22
2.3.4 Industrialización de la Leche	23
2.4 Sistemas de Producción de leche en México	25
2.4.1 Sistema especializado.....	26
2.4.2 Sistema semi-especializado	27
2.4.3 Sistema familiar o de traspatio	28
2.4.4 Sistema doble propósito.....	29
2.5 Antecedentes del desarrollo de estrategias de suplementación a vacas en lactación en unidades de producción de doble propósito en Zacazonapan.....	30
2.6 Características y análisis de los sistemas de producción de doble propósito.	32
2.6.1. Importancia de los SPDP	34

2.6.2 Sistemas de alimentación en ganado de doble propósito	35
2.6.3 Sistema de alimentación en unidades de producción de doble propósito en Zacazonapan, Estado de México	36
2.6.4 Suplementación en ganado doble propósito	42
2.7 Requerimientos nutricionales de vacas en lactación en función a los rendimientos productivos.....	43
2.8 Determinación de los requerimientos nutricionales de animales en pastoreo en función de sus rendimientos productivos	44
2.8.1. Requerimientos de consumo voluntario de materia seca (MS)	44
2.8.2. Requerimientos de energía metabolizable en mega joule (MJ) para mantenimiento.....	44
2.8.3. Energía Metabolizable (MJ) para gestación	45
2.8.4. Energía Metabolizable (MJ) para producción	45
2.8.5. Energía Metabolizable (MJ) para cambio de peso	45
2.9. Suplementación	46
2.10 Tipos y características de suplementos utilizados en la alimentación animal	47
2.10.1. Principios de suplementación al pastoreo	47
2.10.2. Suplementación durante escasez de forraje	48
2.10.3. Suplementación bajo condiciones de alta disponibilidad de forraje en la pradera.....	49
2.10.4. Previsión de forraje	51

2.10.5. Utilización de suplementos en animales en pastoreo.....	51
2.10.6. Concentrados	52
2.11 Interacción pradera animal.	53
2.11.1 Uso de praderas en la producción animal	53
2.11.2. Comportamiento animal al pastoreo.....	53
2.12 Forrajes tropicales	55
2.12.1 Estrella africana (<i>Cynodon plectostachyus</i>)	56
2.12.2 Brachiarias	57
2.13 Factores ambientales que afectan el comportamiento de las praderas	58
2.13.1 Luz	58
2.13.2 Lluvia.....	59
2.13.3 Temperatura.....	59
2.13.4 Anhídrico carbónico.....	59
2.14 Factores del animal que afectan el comportamiento de la pradera	60
2.14.1 Selectividad.....	60
2.14.2 Carga animal	60
2.14.3 Deposición de heces y orina	60
2.14.4 Pisoteo	61
2.15 Factores de la pradera que afectan el comportamiento al pastoreo del animal	62

2.15.1 Masa herbácea.....	62
2.15.2 Digestibilidad.....	62
2.15.3 Altura y densidad de brotes.....	63
2.16 Factores de los animales que afectan el consumo de forraje	63
2.17. Efectos de suplementos sobre consumo de forrajes y rendimientos animales	72
2.17.1. Limitantes de los rendimientos en forrajes pastoreados	73
2.17.2 Efecto de la suplementación sobre consumo de forraje y consumo total	74
2.17.3. Condiciones de la pradera	74
2.17.4. Cantidad y tipo de suplemento	76
2.18. Efecto de la suplementación en el rendimiento animal	76
2.19 Respuesta a corto plazo en la utilización de concentrados	79
2.20 Respuesta a largo plazo al utilizar concentrados.....	79
2.21 Fuentes Nitrogenadas de los alimentos.....	80
2.22 Metabolismo de la proteína en rumen.....	81
2.23 Calidad y composición de la leche.....	83
2.24 Nitrógeno uréico en leche	83
III. Justificación.....	86
IV. Hipótesis	87
V. Objetivos	88

5.1 Objetivo general.....	88
5.2 Objetivos específicos	88
VI. Metodología	89
6.1 Ubicación de la zona de estudio	89
6.2 Unidades experimentales y tratamientos	89
6.3 Masa herbácea	90
6.4. Requerimientos de las vacas	91
6.4 Análisis económico	91
6.4 Diseño experimental	92
VI. Resultados	93
Masa herbácea	93
Respuesta animal	94
Costos de producción.....	97
Conclusiones.....	99
VIII. Referencias.....	100

Indice de cuadros

Cuadro	Titulo	Pagina
1	Participación de los sistemas de producción de leche	26
2	Algunos indicadores de productividad de los sistemas bovinos de doble propósito en el trópico Latinoamericano.	33
3	Recursos forrajeros de unidades de producción de doble propósito de Zacazonapan.	37
4	Acumulación neta de forraje (ANF) kg/MS/ha en praderas de Zacazonapan Estado de México para los años 2008 y 2009.	39
5	Composición química (g/kg/MS) de praderas dominadas por pasto estrella de áfrica (<i>Cynodon plectostachyus</i>), a partir de pastoreo simulado.	39
6	Promedio de cuadrados mínimos de la respuesta animal al uso de concentrados con diferente nivel de PC.	41
7	Costo por kg de leche debido al uso de concentrados.	41
8	Rendimiento animal a partir de pastoreo en diferentes rendimientos de materia seca (MS) y variaciones en la calidad del forraje.	47
9	Efecto de la suplementación en ganado lechero bajo diferentes niveles de disponibilidad de forraje, tasa de sustitución y consumo diario de EM.	48
10	Efecto de diferentes suplementos sobre el consumo de forraje en el rendimiento de ganado lechero bajo disponibilidad restringida de forraje.	49
11	Efecto del nivel de concentrado sobre los rendimientos de leche.	53
12	Relación del mes de lactancia y consumo voluntario (CV) relativo.	68
13	Consumo típicos de forraje de vacas lecheras en pastoreo durante la época de pastoreo.	70
14	Hipotética relación entre tamaño de mordida (IB) y la tasa de sustitución de forraje por kg de concentrado en ganado lechero.	75
15	Efecto del nivel de suplementación con concentrados en las diferentes etapas de lactación.	80
16	Composición química de los suplementos utilizados en los tratamientos 100, 110 y 120 g/kg/MS de proteína cruda.	90
17	Requerimientos de consumo de materia seca y de energía metabolizable de las vacas utilizadas en el experimento.	91
18	Masa herbácea total, masa herbácea viva y masa herbácea	93

	muerta presente en las áreas de pastoreo por periodo experimental durante la época de estiaje de una unidad de producción de Zacazonapan, Estado de México	
19	Composición química de la pradera por periodo experimental (g/kg/MO).	93
20	Respuesta animal a los suplementos con 100, 110 y 120 g/kg/MS de proteína cruda.	95
21	Efecto del periodo experimental (PE) sobre la variable de la respuesta animal.	95
22	Análisis económico de la producción de leche utilizando suplementos con tres niveles de proteína cruda en la época de secas.	97
23	Estructura del costo de producción de un litro de leche.	98

Indice de figuras

Figura	Titulo	Pagina
1	Producción mundial de leche de bovino (1000 TM) FAO.	14
2	Principales países productores de leche de bovino.	15
3	Principales países exportadores de leche en polvo y quesos.	16
4	Principales estados productores de leche de bovino en México, junio 2011,2012. Miles de litros.	19
5	Estacionalidad de la producción de leche de ganado bovino.	22
6	Consumo de alimentos balanceados para la producción de leche de bovino en México.	23
7	Principal uso de industria de la leche en México.	25
8	Composición botánica de praderas de Zacazonapan	38
9	Patrón de consumo de los animales.	54

Resumen

Se evaluó el efecto de tres tipos de concentrado con tres niveles de proteína cruda (PC) sobre rendimiento y composición de leche, nitrógeno uréico en leche (NUL), y viabilidad económica de vacas en lactación. El estudio se realizó en la época de estiaje (meses marzo, abril, mayo y junio) del año 2013, en un hato de bovinos de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, ubicado al suroeste del Estado de México. Los animales del hato pastorearon en un potrero de 100 ha., permaneciendo ahí las 24 horas del día. Se utilizaron seis vacas por tratamiento de la raza Pardo Suizo multíparas, con un peso promedio de 400 ± 50 kg, encontrándose en la primera mitad de lactación. Las vacas fueron asignadas al azar a los tres tratamientos (suplementos) (5 kg/vaca/día), los cuales consistieron en niveles de (10, 11 y 12 %) de proteína cruda. Los suplementos fueron hechos con maíz mazorca, urea y pasta de soya. El experimento duró 97 días (del 16 de marzo al 21 de junio) dividido en cinco periodos experimentales de dos semanas cada uno, con dos semanas de acostumbramiento a la dieta previos al primer periodo de muestreo. Los rendimientos de leche fueron estadísticamente diferentes ($P = 0.002$), registrándose los mayores rendimientos en los periodos 1, 4 y 5 y los contenidos de grasa fueron estadísticamente diferentes entre los tratamientos, siendo menores para las vacas que recibieron el suplemento con 10%, mientras que las vacas que recibieron los suplementos 11 y 12% de PC fueron estadísticamente iguales. Los niveles de proteína en leche no fueron diferentes entre los diferentes suplementos. De igual forma los niveles de NUL no fueron estadísticamente diferentes entre sí. Los diferentes niveles de PC en la dieta si tuvieron un efecto significativo sobre el peso de los animales, el suplemento con 11% de PC fue estadísticamente ($P = 0.005$) superior que los tratamientos 10 y 12 % de PC, siendo estos dos similares entre sí. La condición corporal de los animales fue baja no existiendo diferencias significativas entre los animales que recibieron los diferentes suplementos ($P = 0.72$).

I.Introducción

Tewolde *et al.* (2002), pronosticaron que durante los primeros 25 años del siglo XXI, el consumo y el comercio de los alimentos en general y, en particular de los lácteos tendrán una gran demanda, como resultado de la creciente población, la urbanización y la globalización económica.

En el mundo la mayoría de los países considera la producción láctea como una prioridad nacional, países desarrollados como Estados Unidos y de la Unión Europea son los principales productores de leche, generando grandes excedentes de los cuales son vendidos en el mercado internacional como leche fluida, leche en polvo y productos lácteos (FAO 2011).

En México, la producción de leche es una de las actividades agropecuarias más importantes. En el año 2011 el país ocupó el décimo octavo lugar a nivel mundial con una producción de 10,742, 637 miles de litros al año (LACTODATA, 2011). Con una tendencia ascendente, registrando una tasa media anual creciente (TMAC), en los últimos diez años de 1.74%. Aunque el crecimiento ha sido sostenido, aún no se logra la autosuficiencia en este aumento, por lo que se requiere importar leche en polvo de países como son Argentina, Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Uruguay, así como de países de la Unión Europea, siendo México el principal importador de leche en polvo a nivel mundial con ciento noventa millones de toneladas (SE, 2011).

En el país los sistemas de producción de leche son diferentes y se pueden clasificar en cuatro grupos: Especializado: aporta el 50% de la producción nacional; semiespecializado aporta el 21%; doble propósito aporta el 19%; y, familiar o de traspatio con el 10%.

A pesar del bajo porcentaje de participación en la oferta nacional de leche, algunos investigadores han señalado que el sistema de producción de doble propósito tiene posibilidades de aumentar su producción de leche (Román, 2001; Tewolde *et al.*, 2002).

Las zonas tropicales y subtropicales de México son propicias para un buen desarrollo e incremento de los niveles de producción de leche y carne en el sistema de doble propósito (DP). Ya que existe una abundante producción de forrajes (gramíneas y leguminosas), tanto nativos como introducidos que son utilizados como base para la alimentación del ganado. Sin embargo, los forrajes tropicales en general tienen limitantes tales como: una marcada estacionalidad en su producción, bajos valores de digestibilidad (<70%), bajos niveles de proteína cruda (< 13%) (Nicholson *et al.*, 1995). Siendo las principales razones para que este tipo de sistemas pueda incrementar sus niveles de producción de leche contribuyendo en mayor grado a la oferta nacional de leche y carne.

En particular, el Estado de México se pueden distinguir dos tipos de sistemas de producción dependiendo de la ubicación geográfica: zona norte y centro del Estado cuenta con sistemas de producción de lechería de pequeña escala o familiar, y en cuanto a la zona sur del Estado las explotaciones cuentan con sistemas doble propósito que es el que más se adapta a la zona geográfica y al tipo de clima (SAGARPA, 2008).

El municipio de Zacazonapan destaca a nivel de la región sur del Estado de México por la importancia que tiene la producción de leche para su transformación en queso refregado característico del municipio y de gran importancia gastronómica, económica y de identidad. Sin embargo, es en la época de estiaje en que debido a la falta de forrajes los productores requieren de utilizar suplementos para alimentar a las vacas en lactación lo cual incrementa el costo de producción de leche poniendo en riesgo la rentabilidad y continuidad de las unidades de producción orientadas a producción de leche para queso.

Por lo tanto la presente investigación tuvo por objetivo evaluar la suplementación nitrogenada a tres niveles de contenido de proteína (10 11 y 12%) sobre la producción de leche, niveles de nitrógeno ureico en leche y determinar la respuesta económica.

II. Revisión de literatura

2.1 La producción y consumo de leche y sus derivados en el mundo

En el mercado internacional, no es posible diferenciar la producción de leche proveniente del sistema de doble propósito, razón se toma en consideración la producción total y el volumen exportado e importado en los países que participan en el comercio mundial independiente al sistema de producción (Pérez et al., 2003).

La globalización en que se encuentra inmerso el sector de lácteos mexicano, ha propiciado que las afectaciones en los mercados internacionales tengan repercusiones directas en el mercado nacional y en consecuencia en los productores de leche del país, sobre todo, en aquellos que participan en la cadena de venta e industrialización.

En los últimos años se observa un crecimiento del consumo de leche, tanto de leche fluida, leche en polvo, derivados como quesos y productos con un mayor procesamiento como yogurt y leches fermentadas. El consumo y disponibilidad de lácteos, está relacionada directamente con la producción de leche a nivel de establo, por lo que en una gran parte del mundo, la mayor proporción del consumo se hace tal como se produce, sin pasar por procesos intermedios, ya sean industriales y/o comerciales.

El consumo de lácteos es muy heterogéneo según los diferentes países y regiones y ello obedece tanto a patrones culturales como a niveles de ingreso de la población. En general, en los países de Europa y de América del Norte (Canadá y EE.UU.) es donde se registran los mayores niveles de consumo global, entre 200 y 300 litros de leche o equivalente, aunque la importancia relativa de cada tipo de productos es diferente. Por ejemplo, en el Norte de Europa, América del Norte y Oceanía es muy alto el consumo relativo de leche líquida (pasteurizada) mientras que los países mediterráneos (Francia, Italia, España) se distinguen por la alta participación del consumo de queso en la dieta láctea.

América Latina y el Caribe, posiblemente como consecuencia de la colonización europea, es una región con un consumo relativamente alto de leche y de productos lácteos, que oscila entre 40 y 60 litros por año. En algunos países, el consumo es mucho mayor, alcanzando hasta 200 y 250 litros de leche, equivalente por persona y por año, como en Argentina y Uruguay, respectivamente. En general, el consumo del resto de los países de la región sur de América Latina también es alto (por ejemplo, alrededor de 140 litros *per cápita* en Chile y Brasil).

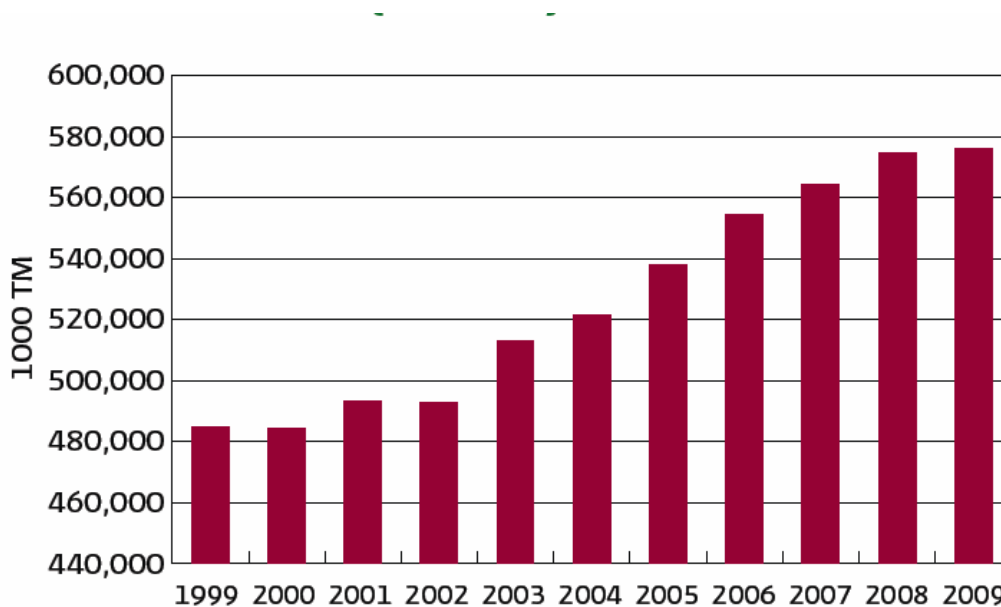
En Latinoamérica los países que están destacando a nivel mundial por su producción de leche y más aún por su aparición como exportadores de productos lácteos son: Argentina y Uruguay además de ser importante productores y exportadores de carne.

Los costos de producción de leche de Argentina, Uruguay, Australia y Nueva Zelanda son los más bajos en el mundo; se encuentran en el rango de 0.10 a 0.15 dólares/kg equivalentes a 0.9 - 1.4 pesos mexicanos por litro (SAGARPA, 2005).

La demanda de leche a nivel mundial se define en función de su uso, el consumo doméstico total de leche, incluye el consumo de leche para alimentos, el consumo de leche fluida y consumo industrial de leche fluida.

La FAO registró en los últimos años, un aumento constante en la producción mundial de leche, al ritmo de una TMCA del orden de 1.85 por ciento. En 2009, la producción de leche fluida reportó 580.48 millones de toneladas, lo que representa un incremento de apenas 0.35% respecto a la producción del año anterior. Sin embargo, datos del Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA, por sus siglas en inglés), señalan una caída drástica en la producción mundial durante el período 2007-2008, cercana a 22%, al caer de 641.104 millones de toneladas a 502.296 millones de toneladas.

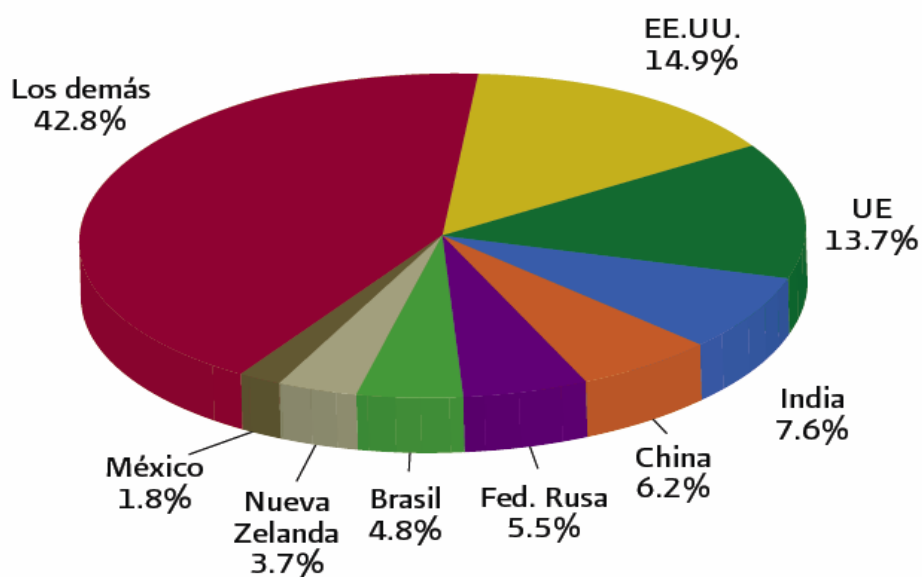
Figura 1. Producción mundial de leche de bovino (1000 TM) FAO.



Fuente: CCG/SAGARPA, con información de FAO.

La producción mundial de leche de bovino se concentra en pocos bloques de naciones, como son: EE.UU., el que aportó 14.9% durante 2008; la Unión Europea (con países como Alemania, Francia, Reino Unido y Polonia) con el 13.7 por ciento; países en vías de desarrollo, como India con 7.6 por ciento, China con una aportación del 6.2 por ciento, Rusia con 5.5% y Brasil con 4.8 por ciento; en tanto que los países tradicionales en la producción de leche como Nueva Zelanda, participó con 2.6% de la aportación mundial. En el caso de México su aportación a la producción mundial en 2008 fue de 1.86% colocándolo en el lugar número 16 (FAO 2010).

Figura 2. Principales países productores de leche de bovino (FAO)

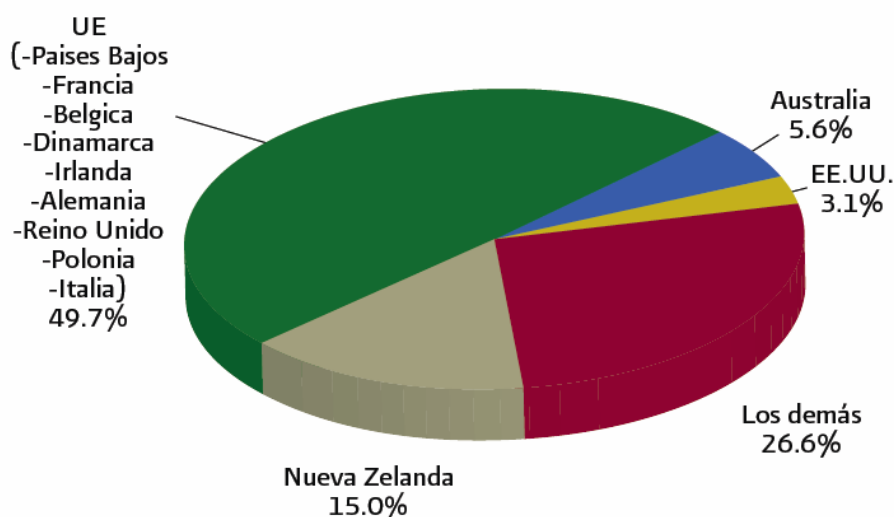


Fuente: CCG/SAGARPA, con información de FAO.

Independientemente de los niveles de producción, entre los primeros lugares a escala mundial se encuentran naciones cuya producción, por importante que haya sido su crecimiento, aún mantienen un déficit para cubrir su demanda interna, tal es el caso de China y México. El abasto del mercado mundial se encuentra fuertemente concentrado en pocos países o bloques de países, como es el caso de las exportaciones de la Unión Europea “UE”, Nueva Zelanda y Australia que representan casi el 80% del total mundial (FAO 2010).

El comercio de leche fluida entre los países de la UE, lo ubica como principal bloque comercial de este producto con alrededor del 80%, tanto de lo que se exporta como lo que se importa, debido principalmente a la cercanía de las plantas procesadoras entre países y al intenso comercio interno existente.

Figura 3. Principales países exportadores de leche en polvo y quesos.



Fuente: CCG/SAGARPA, con información de FAO.

Cuando hablamos de leche en polvo y quesos, la UE se sitúa como la principal abastecedora a nivel mundial con un importante 49.7 por ciento, seguido por Nueva Zelanda con un 15%, en tercer lugar Australia con un 5.6% y los EE.UU. con un reducido 3%, principalmente en leche en polvo descremada. Pese a que existe concentración por parte de países dentro de la UE en las importaciones, a nivel mundial esta concentración es menor que la que existe en las exportaciones.

En este caso, nueve naciones de la UE absorben el 30% de las importaciones de leche en polvo y quesos, en las importaciones de leche en polvo Argelia ocupa el primer lugar con un 2.8 por ciento, seguido por Indonesia con 2.2%, China con 2.0%, y México con 1.5%, no obstante, también destacan la Federación Rusa con un 2.7% de las importaciones principalmente en quesos y los EE.UU. con un 2.1%, también en el rubro de importación de quesos.

Para el 2014, la FAO prevé que las sequías y las dificultades financieras limitaran el crecimiento de la producción, sin embargo, esta misma fuente pronostica un crecimiento en la producción de 2% respecto al año pasado. Se prevé que la

producción lechera de los cinco exportadores principales como son la UE, Nueva Zelanda, Australia y Argentina, se mantengan sin modificaciones (FAO, 2010).

2.2 Situación actual y perspectivas de la producción de leche de bovino en México

Durante la última década el crecimiento en el consumo mundial de lácteos ha obedecido en gran medida del aumento de la población mundial (SAGARPA, 2012). La FAO recomienda un consumo mínimo de 500 ml/día de leche, sin embargo en México se consumen en promedio de 340 ml/día por habitante (FAO, 2011).

En general, la producción láctea de nuestro país no satisface la demanda de leche y sus derivados, ya que por un lado las diversas condiciones de producción leche reflejan una marcada posición contradictoria, porque se ha observado un gran incremento en la demanda de leche fluida en el país, pero por el otro lado, no se ha reflejado en mejores precios de la leche pagados al productor (SAGARPA, 2010).

El costo de producción de la leche importada es hasta 50% menor que el costo que tienen los productores nacionales. En México el promedio de costo de producción fue de \$5 /L para el año 2010, sin embargo la leche importada de EU ingresó al mercado nacional en \$2.5/L, lo que ha provocado a los ganaderos nacionales serios problemas para vender su producto (SAGARPA, 2010).

La producción de leche en México se lleva a cabo bajo diferentes condiciones tanto tecnológicas como económicas, debido a la localización geográfica de las explotaciones. Las unidades de producción de leche no cuentan con los mismos medios de producción ya sea en cuanto a tecnología, superficie de terreno, número de vientres y, disponibilidad de cantidad y calidad de forrajes. Además, de la gran variabilidad de condiciones climatológicas (SAGARPA, 2010).

2.3 Volumen de leche producida en México

México ocupa el décimo octavo lugar mundial dentro de los países productores de leche, con un nivel de producción de 10, 742,637 miles de litros al año (LACTODATA, 2011).

En el periodo más reciente, entre 2003 y 2010 la producción nacional de leche pasó de 9,784 a 10,677 miles de litros al año, lo que representó un crecimiento a una tasa anual promedio de 1.3%. Cabe señalar, que la producción nacional ha mantenido una tendencia de crecimiento que abarca poco más de dos décadas, desde el inicio de la década de los noventa; no obstante lo anterior a pesar del crecimiento sostenido sólo se produce el 80% de la leche necesaria para cubrir el consumo interno (SE, 2012).

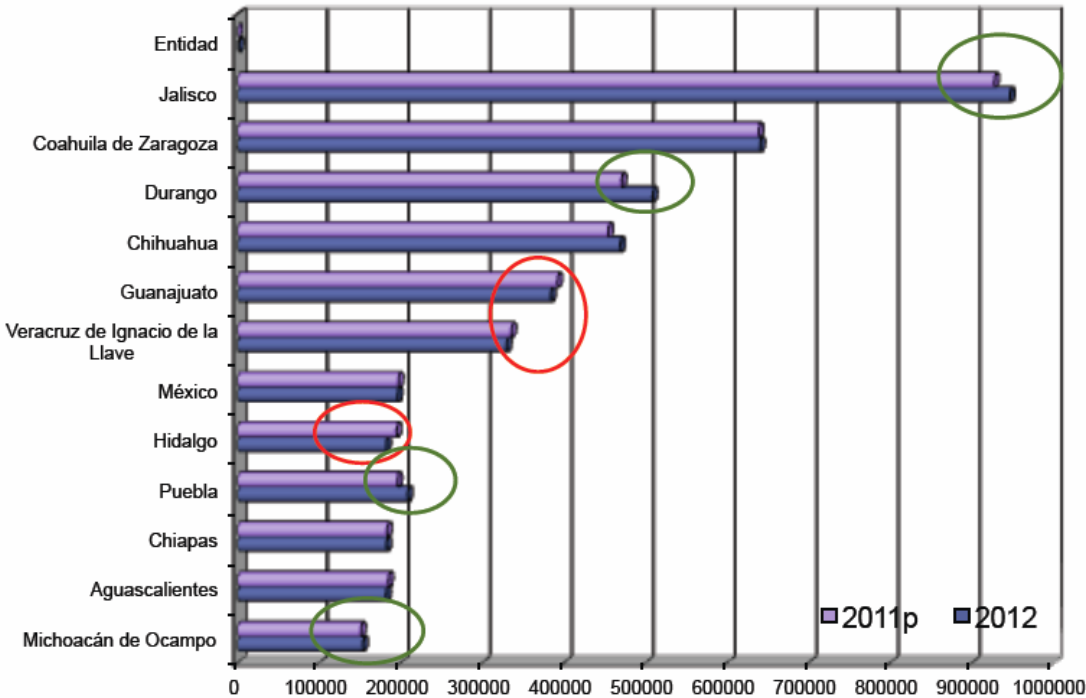
En México la producción de leche de bovino es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico, incluyendo la gran variedad de climas regionales y características de tradiciones y costumbres de las poblaciones. Sin embargo, la industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México, y depende de la disponibilidad de la leche nacional su crecimiento. Según cifras del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), durante el período 2003-2011 la producción nacional de leche de bovino ha tenido una tasa media de crecimiento de 1.3%(SAGARPA 2011).

En México, la producción de leche se desarrolla en todo su territorio, pero durante el periodo de 2005 a 2010 se concentró en cuatro estados, que contribuyeron conjuntamente con el 45% de la producción nacional destacándose Jalisco, Coahuila, Durango y Chihuahua. Cabe señalar, que los estados de Coahuila y Durango se encuentran ubicados en la Región Lagunera, que es la más importante cuenca lechera del país, y que ocupa el primer lugar en producción a nivel nacional (FAO 2011).

Durante el año 2010 la participación de los estados dentro de producción nacional se encontraba distribuida de la siguiente manera: Jalisco 18%, Coahuila 12 %, Chihuahua 9%, Guanajuato 7%, Veracruz 7%, México 5%, Hidalgo 4% y el resto el 29%.

En particular, el Estado de México se ubica en sexto lugar en cuanto a producción de leche, aportando el 5% de la producción nacional. Los sistemas de producción de leche a nivel estatal se pueden clasificar en dos, determinados por condiciones medioambientales y geográficas:

Figura 4. Principales estados productores de leche de bovino en México, junio 2011,2012. Miles de litros.



Fuente: SIAP/SAGARPA

- Zona norte y centro del Estado: predomina principalmente la lechería de pequeña escala o familiar con diferentes niveles de tecnificación.

- En la zona sur del Estado: en un medioambiente subtropical con un sistema de producción de doble propósito (SAGARPA, 2010).

2.3.1. Importancia de la producción láctea en el Estado de México

El Estado de México tradicionalmente fue conocido como maicero, llegando a destinar hasta un 80% de su superficie agrícola a la producción de grano (Espinoza-Ortega et al., 2005). Sin embargo la producción se vio afectada a partir de 1994, debido a las grandes importaciones de este producto con menor precio en el exterior, afectando a los productores quienes desarrollaron dos estrategias: destinar una mayor superficie a la producción de forrajes, así como continuar con el cultivo de maíz sin disminuir la calidad del forraje (Reta et al., 2000), pero tendiendo esta producción a la alimentación animal para la producción de leche, en lugar de vender grano al mercado para consumo humano, ya que año tras año se agrava debido a que los costos de producción se incrementan a una tasa mayor que el precio de grano por tonelada (Espinoza-Ortega et al., 2005).

Motivo por el cual la producción de leche en pequeña escala dentro del Estado de México ha cobrado gran importancia, debido a los grandes beneficios que ofrece a las familias campesinas, generándoles ingresos diarios por concepto de venta de leche, además de que esta actividad genera oportunidad de trabajo dentro de sus mismas comunidades evitando la migración a poblados y ciudades vecinas para emplearse en diferentes actividades (Arriaga-Jordán et al., 1999^a; Arriaga-Jordán et al., 2002), siendo el principal ingreso económico para algunos productores, no así para otros productores quienes complementan sus ingresos con la producción de leche bajo estos sistemas (Espinoza-Ortega et al., 2005).

Estos sistemas de producción en pequeña escala, además de representar una alternativa viable para incrementar la producción nacional de leche, son una actividad fundamental en los sistemas campesinos de producción locales; son sistemas en pequeña escala donde la producción de leche constituye una de las principales fuentes de ingresos para las familias, además de representar la forma predominante de capitalización, ahorro del sistema y reciclaje de nutrientes para la

producción del maíz (Castelán-Ortega et al., 2001). Estos sistemas son un punto de partida en la producción de leche, ya que además del aporte al incremento de leche a nivel nacional, juegan un papel importante de manera social aumentando la calidad de vida del sector agropecuario rural el cual generalmente vive en condiciones críticas, pero que ven a este sistema de producción como una opción de desarrollo rural.

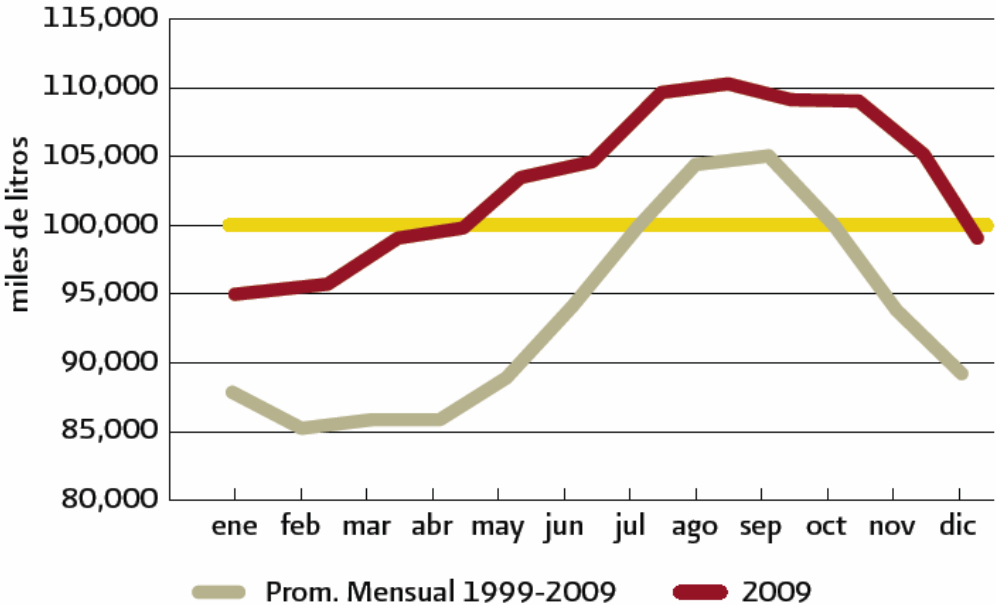
2.3.2 Estacionalidad de la producción

Durante el 2009, se presentaron cambios importantes en los meses de mayor producción, debido principalmente a factores climáticos, teniendo más meses de lluvia y por lo tanto mayor producción de forraje. Otro de los factores fue la mayor demanda de leche por parte de la industria nacional. Con respecto al promedio de los últimos 10 años, los meses con volúmenes por arriba de la media han sido de junio a octubre, siendo septiembre el de mayor producción de leche durante el año (FAO 2011).

En México se tienen diversos sistemas de producción de leche, en primer lugar se tiene un sistema intensivo, con ganado de las razas especializadas en producción de leche como es la Holstein y Suizo principalmente, el cual no presenta estos altos volúmenes en los meses de lluvia, ya que su alimentación está basada en el consumo de alimento balanceado y forraje de corte, por lo cual mantienen promedios homogéneos y constantes de volúmenes de producción durante todo el año.

Sin embargo, también se tiene un sistema de producción de doble propósito o de lechería familiar en el que la producción de leche depende de la disponibilidad de forraje, la cual está ligada a la temporada de lluvias y en años recientes, a los precios pagados al productor, por lo que presenta mayores volúmenes de producción sobre todo en los meses de julio a octubre (FAO 2011).

Figura 5. Estacionalidad de la producción de leche de ganado bovino.

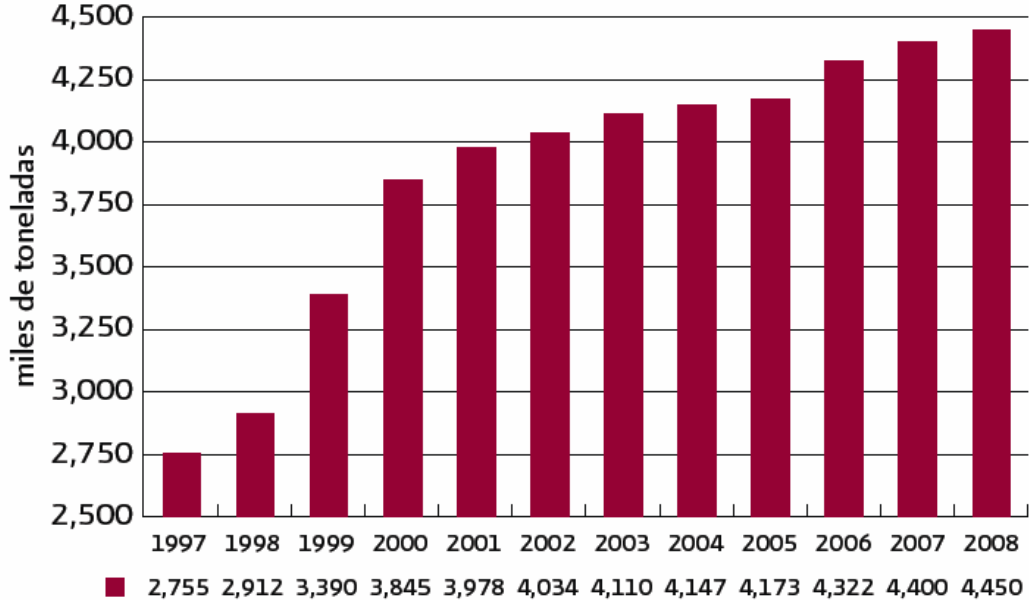


2.3.3 Insumos alimenticios

La participación de la ganadería productora de leche dentro del consumo total de granos forrajeros ha crecido ligeramente, sin embargo, en los últimos 2 años ha tenido un importante incremento. Este aumento en la demanda de granos forrajeros fue del orden de 168 por ciento, al pasar de 2.6 millones de toneladas a 3.9 millones de toneladas consumidas durante el 2007, consumiendo la ganadería lechera nacional en promedio un 19.2% del total de granos forrajeros demandados por la ganadería.

El consumo de alimento balanceado por parte de la ganadería bovina productora de leche en el 2008 fue de 4,450 millones de toneladas, esto represento un 17.1% del total de alimentos balanceado consumido en México durante ese mismo año.

Figura 6. Consumo de alimentos balanceados para la producción de leche de bovino en México.



Fuente: Estimaciones de la CGG / SAGARPA.

En los últimos años, los insumos alimenticios del sector productor de leche a nivel nacional e internacional han tenido una importante relevancia, ya que han sido usados para la producción de biocombustibles, lo que ha propiciado una disparidad de precios, que afecta directamente al sector lácteo productivo (FAO 2011).

2.3.4 Industrialización de la Leche

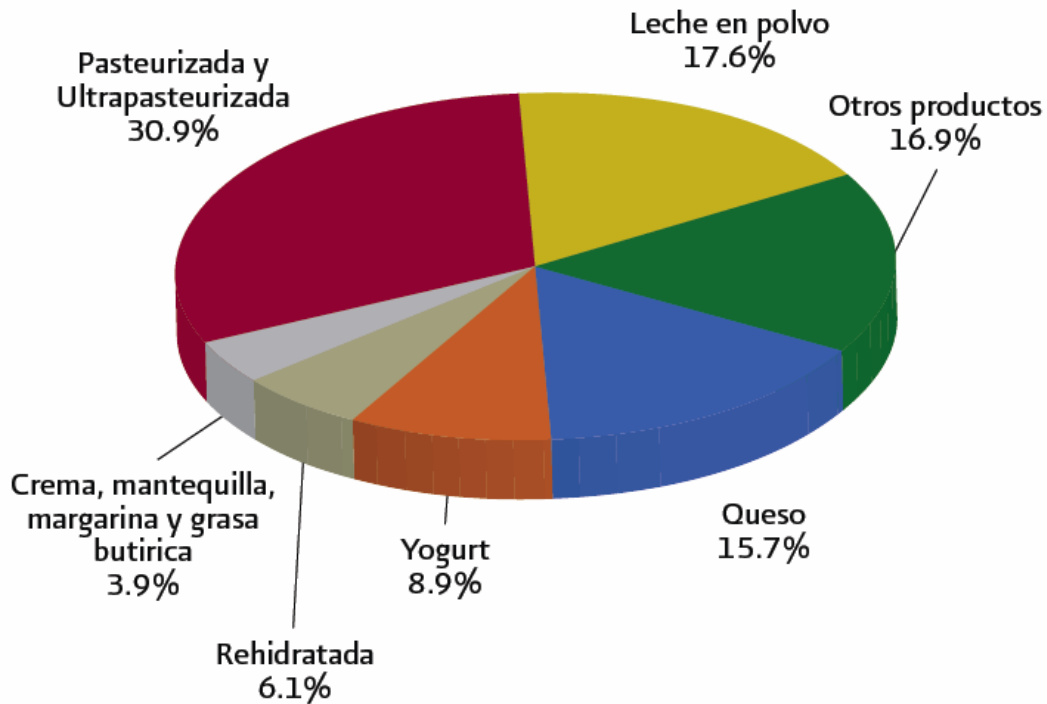
La leche puede consumirse como producto final o como materia prima para productos procesados. Es un producto que tiene una gran cantidad de derivados, la mayoría de ellos altamente perecederos lo cual se traduce en una amplia variedad de procesos agroindustriales, ya que puede separarse en elementos de distintos usos y categorías, además de su capacidad para ser reconstituida, utilizando lacto sueros y grasas vegetales, entre otros. En el país tienen presencia

las industrias más importantes del mundo, de hecho, algunas de ellas han tenido un papel relevante en la organización de algunos sistemas lecheros regionales sobre todo en las zonas tropicales (FAO 2011).

Algunas de las grandes empresas nacionales que concentran la pasteurización, se han orientado a la lógica de encadenamientos productivos, desde la obtención de forrajes hasta la demanda de los consumidores, pasando por todas sus fases intermedias y algunas de ellas, incluso han logrado internacionalizarse o exportar productos lácteos. Coexisten con estas empresas muchas otras más pequeñas, de tipo familiar y artesanal, dedicadas principalmente a la producción de queso, que en este país representa un ingreso significativo para muchos actores de la cadena, sobre todo del sector productor de leche (FAO 2011).

El proceso industrial de la leche en México se realiza en poco más de 300 empresas formales de las cuales alrededor del 10% son grandes empresas, 30% medianas y 60% pequeñas empresas, dentro de los cuales destacan 30 principales Grupos Industriales con más de 100 marcas de productos lácteos, entre leches, quesos, yogurt, cremas, mantequillas, entre otros. Instalados principalmente en el Centro-Norte del país, con una distribución nacional y regional. Por su parte, el destino de la leche fluida en México se distribuye de la siguiente forma: 30.9% para la elaboración de leche pasteurizada, homogeneizada y ultrapasteurizada; 17.6% para leche entera y leche para lactantes; 15.7% para quesos industriales; 9% para yogurt, yogurt natural o con frutas; 6% para la rehidratación de leche; 4por ciento para crema, mantequilla, margarinas y grasas butíricas; y se destina cerca de un 17% para otros productos entre los que destacan quesos artesanales, dulces, y otros productos lácteos de carácter regional (FAO 2011).

Figura 7. Principal uso de industria de la leche en México.



Fuente: CGG /SIAP- SAGARPA.

2.4 Sistemas de Producción de leche en México

En el país los sistemas productivos de leche son diferentes, clasificados principalmente en cuatro: Especializado, Semi-especializado, Doble Propósito y Familiar o de traspatio. Al primero corresponde el 50.6% de la producción total de leche, mientras que el semi-especializado aporta el 21.3%, por su parte el doble propósito aporta el 18.3%, el familiar representa solo el 9.8% (SAGARPA, 2011).

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

2.4.1 Sistema especializado

Se caracteriza por contar con ganado especializado para la producción de leche de la raza Holstein y en menor medida de las razas Pardo Suizo y Jersey. Estos sistemas cuentan con tecnología altamente especializada, el manejo del ganado es predominantemente estabulado y la dieta se basa en forrajes de corte de buena calidad y alimentos balanceados. La ordeña es mecanizada y la producción se destina principalmente a las plantas pasteurizadoras y transformadoras (SAGARPA, 2005).

Los rendimientos obtenidos en la producción de leche son altos > 6,000 L por lactancia con lactaciones de 305 días (SE, 2012).

En la actualidad, la región de La Laguna, ubicada en los estados de Coahuila y Durango, es considerada como la primera cuenca lechera especializada del país, cuya característica es la de ser el complejo lechero más tecnificado y moderno, el cual se relaciona con el sistema agrícola de la región por medio de la producción de forrajes y en especial de alfalfa, ya que los ingredientes que componen la dieta utilizada en este sistema provienen de la creación de ecosistemas mediante especies inducidas de plantas forrajeras cultivadas y cosechadas para la alimentación del ganado. Por lo tanto, no es de asombrarse que estos estados se encuentren entre los principales productores de leche a nivel nacional (SE, 2012).

Dentro de las principales características de la lechería lagunera se encuentran las siguientes: cuenta con ganado especializado con registro, desarrollo de la inseminación artificial y la importación de vaquillas de reemplazo, la introducción de alimentos balanceados (forrajes y granos), el uso de insumos químicos y farmacéuticos para el control sanitario, la instalación de equipos automáticos de ordeña y de tanques enfriadores para su conservación hasta entrega a las plantas pasteurizadoras e industrializadoras, y el mejoramiento de infraestructura y técnicas para el manejo y cuidado del hato (SE, 2012).

Además, cuenta con un sistema completo que abarca desde la etapa de producción forrajera, producción de leche y su industrialización, hasta la distribución y comercialización. En esta integración hay una intervención y relación permanente entre empresas transnacionales y nacionales (SAGARPA, 2011).

2.4.2 Sistema semi-especializado

Aun cuando predomina el ganado de las razas Holstein y Pardo Suizo no se llega a los niveles de producción del sistema anterior. El ganado se mantiene en condiciones de semiestabulación que se desarrolla en pequeñas extensiones de terreno, la ordeña puede ser manual o mecanizada, con ordeñadoras individuales o de pocas unidades, mantiene un nivel medio de tecnología y en ocasiones se cuenta con algunos sistemas de enfriamiento, aunque no es lo común (SE, 2012).

La dependencia del trabajo familiar es una característica distintiva de los sistemas lecheros semi-especializados y familiares. La relación entre la especialización de las empresas lecheras mantiene una proporción inversa del uso de mano de obra familiar y contratada, mientras más especializado y grande es el rancho lechero, menos mano de obra familiar utiliza, teniendo la necesidad de usar mano de obra contratada (SE, 2012).

2.4.3 Sistema familiar o de traspatio

Son productores con pocos animales y poca tecnología y bajas producciones. La lechería familiar está formada por sistemas productivos de tipo campesino, dirigidos a aprovechar los recursos de familias rurales: mano de obra, cultivos forrajeros, y residuos de cosecha producidos en sus parcelas, con poco uso de insumos comprados y poca inversión en infraestructura.

Este sistema de producción se basa en el manejo de ganado en condiciones de estabulación o semiestabulación, empleando gran parte de mano de obra familiar, en instalaciones muy cercanas a la vivienda de la familia. Las razas de ganado son especializadas de las razas Holstein, Pardo Suizo o cruza en proporciones cercanas a la pureza (son menos productivas). La reproducción es por monta natural y en menor grado por inseminación artificial. La alimentación del ganado está basada en el pastoreo o mediante el suministro de forrajes, por lo general producido en la propia empresa. En algunas regiones los esquilmos agrícolas constituyen la base de la alimentación.

Los ranchos con este tipo de sistema, producen leche a bajo costo, pero sus niveles de rendimiento productivo son inferiores y presentan precios unitarios más bajos que los presentados en el sistema de producción intensivo. Los principales estados que presentan este sistema de producción son: Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Chihuahua, Comarca Lagunera, Puebla, Estado de México, Hidalgo, entre otros.

Las inversiones por vaca son menores que en los sistemas intensivos (casi la mitad), debido a que se encuentran en terrenos ejidales, o utilizan el traspatio de sus casas, tienen ganado de menor precio, instalaciones y equipo menos sofisticado.

A su vez la ganadería familiar puede ser clasificada en una forma utilizada por la FIRA (2003) la divide en lecherías familiares de comercialización: Integradas y No Integradas

Las diferencias se dan en el ingreso, los costos y la sensibilidad o riesgo que tiene el productor.

El ingreso que reciben depende del nivel de integración que han adquirido con la industria, a mayor integración se hacen acreedores de los sobrepuestos y bonos.

Las empresas de la Laguna y otras regiones reciben la participación del valor agregado que obtiene la industria, de la que forman parte.

Los costos de producción son mayores a medida que se incrementa el nivel de integración; sin embargo la proporción costo: precio les permite tener mayor diferencial sobre los no integrados, situación que también se presenta en los Altos de Jalisco.

La sensibilidad está relacionada con el tamaño de la empresa entre más estén integradas a la industria, reciben mayor proporción del valor agregado, lo que les permitirá afrontar caídas más elevadas en precio y soportar incrementos en los costos de producción más altos (SAGARPA, 2011).

2.4.4 Sistema doble propósito

Este sistema se puede conceptuar como la crianza de ganado que produce tanto leche como carne para vender, donde parte de las vacas del hato se ordeñan parcialmente y el resto de la leche se deja para que la cría mame, aún que este sistema se puede encontrar en cualquier latitud y altitud, el SDP que se analiza aquí se limita a la región tropical de México, con altitud menor a 1000 msnm y con precipitación pluvial anual que fluctúa entre 800 a 3500 mm con una distribución estacional clara con un periodo seco de 6 meses del año (Martínez, 1995; Osorio, 1998; Tewolde, 1998).

Dentro de este sistema predominan las razas Cebuinas y sus cruza con ganado europeo de carne y leche, en este sistema el ganado sirve para la producción de carne como producto principal y de leche como un subproducto. El manejo del ganado se da en forma extensiva, confinándose algunas veces a los corrales

durante la noche, su alimentación se basa en el pastoreo, con un mínimo de complementos en alimentos balanceados durante la ordeña la cuál es manual (SE, 2012).

En este sistema las vacas producen en promedio 6 litros por vaca por día, con un periodo de ordeña de 210 días, lo que hace una producción anual por vaca de 1,260 L. Este rendimiento se debe a la naturaleza del doble propósito ya que cierta cantidad de leche no es ordeñada debido a que se destina a la alimentación del becerro (SE, 2012).

Se menciona que en el país el 80 % de la leche producida en el sistema de doble propósito corresponde a unidades de producción localizadas en la región tropical es decir, los estados de Veracruz (38%), la Huasteca (Veracruz, Tamaulipas y San Luís Potosí) (19%), Chiapas (16%) y Tabasco (8%) (Villaboa, 2009).

En el sistema de lechería tropical se localiza el 67% del hato productor de leche en México (García, 1996).

Diversos autores han mencionado que si bien los sistemas intensivos tienen mayor productividad (leche por unidad de área o por animal), no son más rentables que los sistemas extensivos de doble propósito, lo cual sugiere que estos pueden tener menores costos de producción por unidad de leche y carne que los sistemas intensivos. Además, el sistema puede contribuir para aprovechar los recursos tropicales nacionales, en un marco de competencia cada vez mayor por el uso del suelo y del agua (Nicholson, 1998).

2.5 Antecedentes del desarrollo de estrategias de suplementación a vacas en lactación en unidades de producción de doble propósito en Zacazonapan

Albarrán *et al.* (2009), reportaron las características generales del sistema de producción de bovinos de doble propósito, entre estas características se mencionaba que en la época de secas ante la falta de pastos los productores

suplementaban a sus vacas con cantidades que oscilaban entre 4 y hasta 9 kg/vaca/día.

Con el objetivo de disminuir el costo de los suplementos, los productores utilizaban maíz mazorca producida dentro de la unidad de producción mezclada con concentrado comercial, esta mezcla contenía 14% de proteína cruda. Estos mismos autores reportaron que el costo de producción de 1 kg de leche producido en la época de secas era de \$4.40, cuando el productor recibía \$4.0.

Existen reportes que indican que los costos de alimentación representan entre el 50 y 80% del costo de producción de un litro de leche (Arriaga *et al.*, 2006). Un alto porcentaje de este costo de producción es debido a la compra de concentrados comerciales. Dentro de los concentrados comerciales el ingrediente más caro es la proteína cruda.

En ganado lechero se han venido utilizando dietas con niveles de proteína cruda (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).

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 contaminando cuerpos de agua.

Esparza (2012), comparó la respuesta productiva de vacas lactantes en un sistema de doble propósito, a dos niveles de PC (14 vs 16%) en el suplemento (5kg/vaca/día), encontrando que no existió diferencia significativa en la respuesta productiva de vacas que consumieron suplemento con 14% respecto de vacas que consumieron suplemento con 16% de PC. El costo de producción de leche de las vacas en el tratamiento 14% fue de \$2.4 vs \$2.6 del suplemento con 16% de PC.

Entre los resultados de Esparza (2012), se encontró que los niveles de nitrógeno ureico en leche (NUL), estaban muy por encima de los valores promedio reportados en la literatura (25.1 vs 16.0 mg/dl). El NUL proviene de la urea y 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 a amoníaco, 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 uréico 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).

2.6 Características y análisis de los sistemas de producción de doble propósito

Dentro del trópico mexicano, los sistemas de producción de doble propósito son los que contribuyen con mayor proporción de leche de vaca en comparación con los sistemas especializados. De acuerdo a su capitalización, nivel tecnológico y uso del suelo los SDP se pueden clasificar principalmente como extensivos y algunos como semi-intensivos. Cualquiera que sea la clasificación, está claro que los SDP están asociados a bajos costos de producción y este sistema representa una alternativa viable que se tiene para aprovechar los recursos naturales regionales y hacer frente a los desafíos que se señalaron previamente como resultado de la globalización económica, así como para la generación de empleos y utilización de mano de obra familiar (Román 1994; Magaña, 2000; Gómez *et al.*, 2002).

Los valores de algunos indicadores de productividad de los SDP se presentan en el Cuadro 2, la fertilidad reportada en la mayoría de los estudios oscila entre 50 y 60% de nacimientos (Magaña y Delgado, 1998), aunque, con una amplitud que sugiere que el nivel de comportamiento reproductivo de los hatos va de muy pobre hasta otros que pudieran clasificarse como de buena fertilidad (39 a 81%). Otro

indicador de fertilidad, importante es la edad al primer parto, cuyo valor promedio es alrededor de los 36 meses de edad, lo que sugiere bajo potencial de crecimiento y/o deficientes estrategias en el manejo de reemplazos. La información sobre la mortalidad de las crías fluctúa entre 9 y 20%; sin embargo, las causas de esa mortalidad no han sido documentadas (Martínez, 1992; Osorio, 1998).

Cuadro 2. Algunos indicadores de productividad de los sistemas bovinos de doble propósito en el trópico Latinoamericano

Indicadores	valor frecuente	Amplitud
Producción de leche:		
Vaca/día, kg	4	2.8 - 6.5
Vaca/lactación, kg	1160	749 – 1589
Largo de lactación, d	290	244 – 311
Fertilidad:		
Edad al primer parto, m	37	32 – 43
% de nacimientos	64	39 – 81
Producción de carne		
Peso al destete, kg	150	120 – 160
Ganancia de peso:		
g/día		
Becerras	370	290 -490
		no
Post-destete	220	determinado
Productividad por hectárea:		
Carga UA	1.4	0.72 - 1.90
kg leche/año	476	182 – 749
kg carne/año	116	45 – 192

(Vaccaro *et al.*, 1993)

Respecto a los datos de producción de leche por vaca al día, por lactación y anual para los sistemas de doble propósito, lo que realmente se está reportando es la cantidad de leche vendible, ya que no se considera la consumida por la cría. La leche vendible por vaca al día (3.5 kg el promedio nacional), depende de la estacionalidad, seca o lluvia, y sugiere una alta dependencia de la producción de leche a una mayor disponibilidad de los pastos. Finalmente, con base en la

producción de leche por lactación (749 a 1589 kg) o por año (186 a 1156 kg), los SDP se califican como extensivos o de baja intensidad, pero muy eficientes en el uso de los recursos forrajeros de media a pobre calidad. Sin embargo, al considerar el peso vivo de destete y la leche producida por unidad de superficie (ha) al año, los hatos de doble propósito muestran una variación considerable que representan retos y potencialidades del sistema y señalan la urgencia de estudiar sus componentes e interacciones con propósitos y objetivos de aumentar su producción y rentabilidad (Tewolde *et al.*, 2002).

Considerando los sistemas de producción de leche nacional, los sistemas de doble propósito del trópico mexicano son un indicador de las posibilidades reales que tiene el país para incrementar de manera significativa la producción y productividad del ganado lechero que complementaría a los sistemas tecnificados para hacerle frente a los retos de este siglo. Sin embargo, requiere de un reordenamiento en el uso de sus recursos como suelo, agua, forrajes (gramíneos, leguminosos y arbóreos), animales y de tecnologías actualmente en uso comercial para hacer a los sistemas de doble propósito más productivos, rentables y sostenibles (Tewolde, 1998; Tewolde *et al.*, 2002).

2.6.1. Importancia de los SPDP

El 80% de la producción de SDP 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%) Según (Vilaboa 2009).

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, 2002), 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).

2.6.2 Sistemas de alimentación en ganado de doble propósito

La base de su alimentación la constituyen los pastos tropicales nativos o inducidos, manejados bajo sistemas de pastoreo rotacional con carga animal variando de menos de 0.5 a 3.5 unidades animales ha/año, con mínima suplementación durante la época seca, principalmente con subproductos agroindustriales baratos, las vacas se ordeñan a mano una vez al día, permitiendo que la cría apoye y después se le deja que mame un cuarto completo y/o leche residual, a veces el ordeño de los cuatro cuartos es incompleto. El destete de la cría no siempre coincide con el final de la lactancia, ello depende de la persistencia de la vaca y de algunos criterios del productor considerando el crecimiento del becerro, la época del año y la condición corporal de la vaca. (Osorio, 1998; Telde, 2002).

Estos sistemas dependen en gran medida de pastos tropicales nativos o introducidos, al manejo de las praderas y a la carga animal por hectárea al año, así como suplementación durante la época seca, pero principalmente a la precipitación pluvial (Maine y Thomas, 1986).

2.6.3 Sistema de alimentación en unidades de producción de doble propósito en Zacazonapan, Estado de México

El sistema de alimentación en el municipio de Zacazonapan es determinado por la estacionalidad en la producción y disponibilidad de forrajes, teniendo dos épocas bien definidas: lluvias y estiaje. En la época de lluvias, los animales no reciben suplemento, por lo que el pastoreo representa la única fuente de alimentación para el ganado. Mientras que en la época de estiaje ante la baja disponibilidad y calidad de los forrajes disponibles en los potreros, los productores recurren a la utilización de suplementos para evitar que los animales, y en particular las vacas pierdan condición corporal y disminuyan los rendimientos de leche.

En la época de lluvias (julio – noviembre) la alimentación de la totalidad del ganado consiste **exclusivamente** en el pastoreo de praderas dominadas por pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). La suplementación de minerales en general se resume en ofrecer a los animales “sal costeña” que básicamente es cloruro de sodio, y en pocos casos minerales de marcas comerciales. Las praderas no reciben fertilización en absoluto.

Durante la época de secas (diciembre – junio), y ante la disminución en la cantidad y calidad de pasto disponible en los potreros los productores se ven en la necesidad de suplementar a sus animales con una mezcla de maíz-mazorca que es producida dentro de la unidad de producción, con concentrado comercial (18% de proteína cruda), en una relación 50:50.

Resultados de laboratorio muestran que el contenido de proteína cruda del concentrado comercial no cumple con lo indicado en la etiqueta, conteniendo 16% de PC, en lugar de 18%. Por otro lado, existe amplia información en la literatura

que indica que los requerimientos de PC de vacas lecheras en la primera mitad de la lactación son de 16% de PC/kg/materia seca. Por lo que basado en lo anterior, los productores los productores podrían disminuir sus costos de producción comprando concentrado comercial del 16% de PC en lugar de 18%.

Al hacer la mezcla del maíz-mazorca con concentrado comercial etiquetado como de 18 % de contenido de PC, el productor no consideraba que el contenido de PC de la mezcla final disminuía al 14 %. Por otro lado, el concentrado comercial etiquetado como de 18 %, en realidad contenía 16.49 % de PC. Es decir, no cumplía con lo establecido en la etiqueta.

Época de llluvias

En el Cuadro 3 se observan los principales recursos forrajeros existentes en las UP de Zacazonapan.

Cuadro 3. Recursos forrajeros de unidades de producción de doble propósito de Zacazonapan

Cultivo	Superficie ha	Promedio/ UP Ha	Proporción/ UP (%)
Maíz	471	15.2	49
Pradera Nativa	157	39.2	16
Pradera de Pasto Estrella (<i>Cynodon plectostachyus</i>)	156.5	18.2	16
Pasto Chontalpo (<i>Brachiaria decumbens</i>)	89.0	14.8	9
Pasto Llanero (<i>Andropogon gallanus</i>)	67	8.4	7
Caña de azúcar	7.5	1.9	1

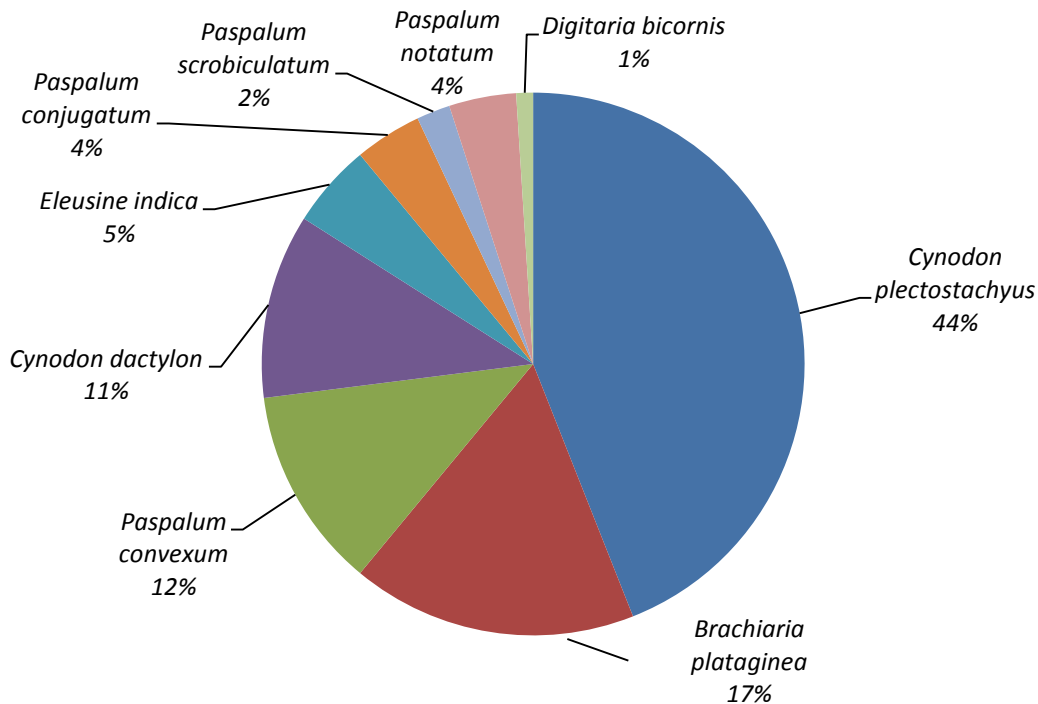
UP= Unidad de producción

Fuente: Salas (2011)

Por pasto nativo se entiende que es una pradera natural en la cual no hubo intervención del productor para su establecimiento. En los años 2008 y 2009, Salas (2011), realizó estudios de la composición botánica de praderas en cuatro unidades de producción (UP) de Zacazonapan. Los resultados se presentan en la Figura 8, en donde se observa que el pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), es el que se encuentra en mayor proporción (44%) dentro de las

praderas, seguido por *Brachiaria plataginea* con el 17%, *Paspalum convexum* con 12%, y *Cynodon dactylon* con 11%.

Figura 8. Composición botánica de praderas de Zacazonapan (Salas, 2011)



En menor proporción se encuentran especies nativas como *Eleusine indica* (5%), *Paspalum conjugatum* (4%), *Paspalum scrobiculatum* (2%) y *Digitaria bicornis* (1%), que en total representan el 12% de la composición botánica de las praderas monitoreadas (Salas, 2011).

Por lo anterior, se puede determinar que el pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), es el pasto dominante en las praderas de Zacazonapan (Salas, 2011).

El potencial productivo (kg/MS/ha) de este tipo de praderas de acuerdo a estimaciones realizadas en las épocas de lluvias (julio-noviembre) por Salas (2011) se observa en el Cuadro 4.

Salas (2011), reporta que el promedio de producción de forraje para la época de lluvias de los años 2008 y 2009 fue de 6,467 (kg/MS/ha), lo que representa un

moderado potencial; mientras que se estimaron producciones máximas de 9,573 (kg/MS/ha), lo que representa el potencial este tipo de praderas, en Zacazonapan.

Cuadro 4. Acumulación neta de forraje (ANF) kg/MS/ha en praderas de Zacazonapan Estado de México para los años 2008 y 2009

Año 2008				
Periodo	Pradera 1	Pradera 2	Pradera 3	Promedio
1	1,073.8	2,481.7	2,647.3	2,593.5
2	2,190.2	455.0	715.8	1,110.0
3	1,357.6	663.6	954.9	517.1
4	1,666.5	1,082.7	2,417.1	1,740.2
5	312.9	422.5	13.9	249.8
ANF Total	6,601.0	5,105.5	6,749.0	7,210.6
Año 2009				
Periodo	Pradera 1	Pradera 2	Pradera 3	Promedio
1	1,138.9	1,870.4	2,208.3	1,739.2
2	891.7	2,526.4	168.8	1,195.4
3	1,107.2	2,198.4	1,188.2	1,497.9
4	1,045.9	1,063.8	446.6	852.1
5	786.8	1,914.7	1,002.7	1,234.7
ANF Total	4,970.5	9,573.7	5,013.8	6,519.4

NE= no estimado

Sin embargo, las principales desventajas que presentan en general los pastos tropicales, y en específico el pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), es su bajo valor nutricional.

En el Cuadro 5, se presenta la composición química promedio de praderas dominadas por pasto Estrella de África en Zacazonapan, reportado por Salas (2011).

Cuadro 5. Composición química (g/kg/MS) de praderas dominadas por pasto estrella de áfrica (*Cynodon plectostachyus*), a partir de pastoreo simulado

Variable	Promedio(g/kg/MS)
Materia seca	261.0
Materia orgánica (MO)	240.2
Proteína cruda	111.3
Fibra Detergente Neutro	612.5
Fibra Detergente Ácido	365.5
Digestibilidad de la MO	615.0
Energía metabolizable (MJ)	9.7

Los valores promedio de PC son considerados como bajos, los cuales difícilmente podrían cubrir los requerimientos de este nutriente para una vaca en lactación. Por

otro lado, los valores de FDN y FDA son menores a los reportados en la literatura nacional, lo que indica una baja digestibilidad de este forraje.

Época de estiaje

En la época de estiaje (Diciembre-Junio), el pasto disponible en los potreros es escaso y de mala calidad, por lo que los productores tienen la necesidad de suplementar concentrados a las vacas en lactación en cantidades que oscilan entre 4 y 9 kg vaca/día.

El suplemento se compone de una mezcla de 50% de mazorca de maíz molida (producido dentro de la UP, incluye hoja, grano y olote), y 50% de concentrado comercial (18% PC). Los productores utilizan esta mezcla con el objetivo de reducir costos por concepto compra de concentrados, lo que les permite reducir la dependencia de granos para la alimentación animal en 50% (Jiménez, 2012).

El suplemento que los productores han venido utilizando a partir de la mezcla de maíz con concentrado comercial contiene 14% de proteína cruda, que de acuerdo a la literatura internacional, vacas en el primer tercio de lactación requieren un mínimo de 16% de PC en la dieta. Por lo anterior, y considerando que en la época de estiaje la cantidad y calidad de forraje presente en los potreros es muy baja, se pensó que el bajo nivel de PC del suplemento podría estar limitando los rendimientos productivos de las vacas (Albarrán, 2009). Por lo tanto, los autores antes mencionados se propusieron evaluar la respuesta productiva y la viabilidad económica de tres tipos de concentrados con dos niveles de PC, 14% vs 16% en la época de estiaje en Zacazonapan.

Los tratamientos consistieron en lo siguiente: tratamiento control suplemento del productor (mezcla de maíz-mazorca con concentrado comercial 50:50, con 140 g/kg/PC) (CPr), tratamiento CPr más 70 g de pasta de soya para un nivel de PC de 160g/kg/MS (CE), y finalmente un concentrado comercial (160 g/kg/MS) (CC), cada vaca recibió 5 kg del suplemento durante la ordeña.

La respuesta productiva a los diferentes suplementos se observa en el Cuadro 6. No existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en las variables de respuesta animal para tratamientos. El promedio de producción de leche fue 6.8 kg vaca/día. Los contenidos de grasa fueron bajos (20.8 g/kg), mientras que los contenidos de proteína se encontraron dentro de los valores normales. El promedio de peso fue de 495 kg, con una condición corporal de 1.6 (Jiménez, 2012).

Cuadro 6. 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.
Leche (kg/vaca/d ⁻¹)	6.7	6.7	6.9	6.8	0.26
Grasa (g/kg)	22.9	22.0	17.4	20.8	1.56
Proteína (g/kg)	31.0	30.8	31.3	31.0	0.32
NUL (mg/dl)	23.3	22.4	29.7	25.1	2.58
Peso (kg/vaca/d)	491	491	503	495	12.40
Condición corporal (1-5 pts)	1.5	1.7	1.5	1.6	0.02

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.

En el Cuadro 7, se observan los costos y retornos para los tratamientos de suplementación. El costo del concentrado del CPr fue el más bajo con \$3.3, mientras que el más caro fue el CC \$4.0.

Cuadro 7. Costo por kg de leche debido al uso de concentrados

Tratamiento	CPr	CE	CC
Costo por Kg de concentrado	\$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 por kg de leche producido por concepto de uso de concentrados fue de 2.4, 2.6 y 2.9 \$/L, siendo el concentrado del productor el que produjo menores costos de producción.

La estrategia de alimentación del productor depende el 50% de concentrado comercial, lo cual lo hace susceptible a las variaciones del precio de los granos,

los cuales se tiene proyectado que se incrementarán significativamente. El utilizar pasta de soya como fuente de PC de buena calidad, permitiría reducir la dependencia de granos de 50% a menos de 20%, por lo que las fluctuaciones en el precio internacional de los granos impactarían en menor grado los costos de producción de este tipo de sistemas.

También se encontró que el suplemento del productor y el concentrado comercial, generaron mayores niveles de NUL. La relevancia de esto es que el NUL está altamente correlacionado con el nitrógeno (N) que se excreta vía orina y heces. En sistemas intensivos de producción de carne y leche, existe una gran presión por reducir la excreción de N y fósforo por el impacto negativo que estos elementos producen en el medio ambiente.

En general en México los niveles de NUL no son reportados con frecuencia, y mucho menos en sistemas de producción de pequeña escala o sistemas de producción de doble propósito.

Por lo tanto se requiere de realizar mucha investigación sobre la relación que existe entre la proteína cruda en los suplementos, la relación energía: proteína cruda, la eficiencia de utilización de nitrógeno contenido en los diferentes concentrados usados por los productores de doble propósito, así como determinar el impacto que tienen la excreción de N en el medioambiente en el que se desarrollan estos sistemas de producción.

2.6.4 Suplementación en ganado doble propósito

En zonas tropicales, la suplementación con concentrados comerciales en animales en pastoreo es una alternativa de alimentación empleada principalmente en periodo de escasez de forrajes, con la finalidad de mejorar la productividad a través del consumo de materia seca (Pulido *et al.*, 1999).

Los factores que más influyen sobre la producción de leche y su calidad son la genética y su alimentación, este último se encuentra dentro de los factores ambientales que afectan la producción de forraje de buena calidad. La

concentración de algunos componentes de la leche (grasa y proteína) están directamente relacionados con el consumo de energía, los cuales pueden incrementarse con la suplementación de concentrados comerciales (Phillips, 2001).

En 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).

2.7 Requerimientos nutricionales de vacas en lactación en función a los 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).

Por lo tanto, vacas lecheras a comienzos o a mediados de la lactancia, mostrarán una respuesta marginal a la suplementación. Los 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 (Broster y Thomas (1988).

2.8 Determinación de los requerimientos nutricionales de animales en pastoreo en función de sus rendimientos productivos

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 conocer estos requerimientos 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.

Los requerimientos de MS, EM y PM se pueden estimar a partir de las formulas propuestas por el Agricultural Research Council (1980) (Arriaga *et al.*, 1996). Las formulas propuestas por el ARC (1980).

2.8.1. Requerimientos de consumo voluntario de materia seca (MS)

$$\text{Consumo Voluntario} = 0.025 \cdot \text{PV} + 0.1 \cdot \text{P}$$

Dónde:

PV = peso vivo

P = producción de leche en litros día⁻¹

2.8.2. Requerimientos de energía metabolizable en mega joule (MJ) para mantenimiento

$$(\text{EMm}) = 8.3 + 0.091 \cdot \text{PV}$$

Dónde:

PV = peso vivo (Kg)

Requerimientos de energía para mantenimiento consideran la energía necesaria para actividades de metabolismo basal y actividades indispensables.

2.8.3. Energía Metabolizable (MJ) para gestación

$$EMg = Exp (0.0106 * G)$$

Dónde:

G = días de gestación

2.8.4. Energía Metabolizable (MJ) para producción

$$EMp = 5 * P$$

Dónde:

P = producción de leche (L/día)

Por cada kilogramo de leche producido se requieren 5 MJ de EM

2.8.5. Energía Metabolizable (MJ) para cambio de peso

a) Pérdida de peso

$$EMpp = -28 * Pp$$

Dónde:

Pp= Pérdida de peso (Kg/día)

Cada Kg de tejido corporal que moviliza una vaca lechera equivale a adicionar 28 MJ de EM/Kg de pérdida peso, a la dieta.

b) Ganancia de peso

$$EMgp = 34 * Gp$$

Dónde:

Gp = Ganancia de peso (Kg/día)

Cada Kg de ganancia de peso requiere de adicionar 34 MJ de EM en la dieta

Por lo tanto, el requerimientos de energía metabolizable será la sumatoria de $EM_m + EM_g + EM_p + EM_{pp} + EM_{gp} = EM$ MJ día

La unidad de energía utilizada en estos cálculos es joules (J), de acuerdo con el sistema internacional de unidades de energía. Ahora bien, en México la unidad de energía más utilizada es calorías (Cal), por lo tanto para transformar los requerimientos de energía de MJ a Mcal se deberá dividir los MJ entre 4.184.

2.9. Suplementación

La provisión de suplemento basado en forraje debe asegurar que cada animal cubra su máximo consumo de forraje en la pradera así como del forraje suplementario. La situación es similar a la alimentación en invierno donde experimentos con alimentación basada en forrajes a libre acceso han demostrado que vacas en lactación temprana y media que reciben cantidades de concentrados fijas produciendo rendimientos de leche en función del alimento disponible. (Gordon, 1982; Taylor y Leaver, 1984). Para vacas que reciben forraje de amortiguamiento, es posible utilizar cantidades fijas de concentrados. El nivel de suplementación con concentrados, dependerá del promedio del aporte de energía de la pradera como del forraje suplementario, así como de los requerimientos de energía de los animales en función de los rendimientos de leche.

En situaciones en que no se utilicen forrajes suplementarios las vacas altas productoras sufrirán la escasez de forraje en la pradera. Bajo estas circunstancias, se deberá suplementar con concentrados de acuerdo a los rendimientos individuales de leche. Para determinar si la cantidad de forraje en la pradera es adecuada, es posible utilizar la simple regla de mano (una cuarta) para medir la altura. Si la altura del forraje es menor a una "cuarta" (regla de mano) indicará que existe poco forraje disponible. La metodología de regla de mano ha sido descrita por Leaver (1983).

2.10 Tipos y características de suplementos utilizados en la alimentación animal

2.10.1. Principios de suplementación al pastoreo

La provisión de alimentos suplementarios a los animales en pastoreo es normalmente para mantener el rendimiento animal durante periodos de escasez de forrajes, o mejorar el rendimiento animal por encima del cual puede ser obtenido únicamente con forrajes bajo pastoreo. El incremento del potencial productivo del ganado ha sido el resultado tanto de mejoras en el mérito genético, como de mejoras de los sistemas de producción. Consecuentemente, los requerimientos para mantenimiento y producción de los animales exceden aquellos que pueden ser cubiertos únicamente por la pradera mediante el pastoreo (Cuadro 8) (Mayne *et al.*, 2000).

Cuadro 8. Rendimiento animal a partir de pastoreo en diferentes rendimientos de materia seca (MS) y variaciones en la calidad del forraje.

	Rendimiento de Materia Seca (Ton ha ⁻¹ año ⁻¹)					
	8.0	8.0	10.0	10.0	12.0	12.0
Energía metabolizable (MJ Kg ⁻¹ MS)	10.5	12.0	10.5	12.0	10.5	12.0
Consumo de MS (Kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)	16.4	18.2	16.4	18.2	16.4	18.2
Rendimiento de leche (Kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)	21.0	30.0	21.0	30.0	21.0	30.0
Rendimiento de leche (Kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	10,250	13,190	12,800	16,480	15,365	19,780

MS= Materia Seca

Una de las mayores dificultades en la utilización de alimentos suplementarios en pastoreo es la estimación de consumo diario de forraje Kg MS, y por lo tanto la determinación de los niveles de suplementación requeridos para mantener determinados niveles de rendimientos animales (Kg leche día⁻¹). La respuesta animal a la suplementación, está determinada por el tamaño del efecto substitutivo en el consumo de forraje. Esto es influenciado por un amplio rango de factores del animal y de la pradera. Sin embargo, la mayoría de los estudios en pastoreo indican que uno de los factores principales que determinan la tasa de substitución

de forraje es la disponibilidad de este mismo. Por ejemplo, los datos presentados en el (cuadro 9) indican que cuando existe una alta disponibilidad de forraje, la suplementación ocasiona un alto efecto substitutivo, con un pequeño efecto en el incremento de consumo de MS, y por lo tanto de energía metabolizable (EM). En contraste, cuando la disponibilidad de forraje es reducida, la tasa de substitución es baja ocasionando un incremento en el consumo de EM (Mayne *et al.*, 2000).

Cuadro 9. Efecto de la suplementación en ganado lechero bajo diferentes niveles de disponibilidad de forraje, tasa de substitución y consumo diario de EM

Disponibilidad de forraje (Kg MO vaca ⁻¹ día)	Tasa de substitución Kg forraje MO ⁻¹ / Kg concentrado MO ⁻¹	Incremento en consumo de EM (MJ día ⁻¹)
15	0.105	11.6
20	0.30	9.1
25	0.50	6.5
30	0.69	4.0
Se asume un contenido de energía metabolizable del forraje y concentrado de 13 MJ Kg MO ⁻¹		

2.10.2. Suplementación durante escasez de forraje

En periodos de escasez de forraje, por ejemplo como resultado de sequía, la provisión de alimentos suplementarios resulta en incremento total de consumo de MS y, del mejoramiento del rendimiento animal. Alimentos alternativos han sido sugeridos para estas situaciones, los cuales incluyen forrajes suplementarios tales como ensilado de maíz, concentrados basados en cereales o subproductos agroindustriales. En el (cuadro 10) se presenta el resumen de algunos trabajos de investigación sobre la respuesta a la suplementación de vacas lecheras en pastoreo bajo condiciones de baja disponibilidad de forraje (Mayne *et al.*, 2000).

Cuadro 10. Efecto de diferentes suplementos sobre el consumo de forraje en el rendimiento de ganado lechero bajo disponibilidad restringida de forraje.

	Tipo de suplemento		
	Ensilado de pasto	Heno	Granos de destilería/paja tratada
Consumo de suplemento (Kg MS día ⁻¹)	4.94	4.35	3.2
Tasa de sustitución de forraje (Kg ⁻¹ de suplemento)	0.28	0.34	ND
Rendimiento de leche (Kg día ⁻¹)	+1.6	+2.6	+1.9
Rendimiento de grasa + proteína (g día ⁻¹)	+119	+208	+124

Estos resultados indican que el ofrecer forrajes suplementarios una o dos veces al día después de la ordeña, incrementa el rendimiento de leche cuando existen restricciones de forraje en la pradera.

El uso de forrajes suplementarios al pastoreo reduce la presión de pastoreo, evitando así que se llegue a provocar un sobre pastoreo y que se agudicé el problema de escasez de forraje. Cuando la escasez de forraje es crítica se debe considerar el cero pastoreo, con el objetivo de permitir que la pradera se recupere, proveyendo forraje suplementario a los animales en el pesebre. Una de las características importantes del uso de forrajes suplementarios, bajo condiciones de escasez de forraje en las praderas bajo pastoreo es la necesidad de monitorear frecuentemente el crecimiento de pasto en la pradera (Kg MS día⁻¹), y de eliminar o reducir los forrajes suplementarios cuando a cantidad de forraje en la pradera sea suficiente para cubrir los requerimientos de consumo de MS de los animales (Mayne *et al.*, 2000).

2.10.3. Suplementación bajo condiciones de alta disponibilidad de forraje en la pradera

El objetivo principal de un manejo adecuado del pastoreo, es el de proveer forraje en suficiente cantidad y de alta calidad el mayor tiempo posible. Bajo estas condiciones, el uso de suplementos reduce la motivación del animal a pastorear ocasionando una reducción en el consumo de forraje de la pradera. Varios

estudios han indicado que el grado del efecto substitutivo de forraje está en función del tipo de suplemento y del potencial productivo del animal. En general, los forrajes suplementarios (ejem. ensilado de pasto, maíz y concentrados) ocasionan una mayor depresión de consumo de pradera debido al efecto de llenado físico del rumen en comparación con concentrados, y la depresión de consumo de pradera también es mayor en vacas bajas productoras comparadas con altas productoras (Mayne *et al.*, 2000).

Por lo tanto, la decisión de suplementar a animales en pastoreo bajo condiciones de alta disponibilidad de forraje en la pradera se deberá tomar considerando los rendimientos que pueden ser sostenidos por el forraje disponible en la pradera. A este respecto, Leaver (1982) indica que la altura de la pradera es un buen indicador de la necesidad de suplementar. En el estudio de Leaver (1982), cuando la altura de la pradera disminuyó de 11, 9.0 o 6.9 cm los animales fueron suplementados con 1 Kg, de concentrado por cada 0.2 cm de disminución en la altura de la pradera. Concluyendo que el monitoreo de la altura de la pradera puede ser utilizada como un indicador de la necesidad de suplementar a los animales; aunque también sugiere que la altura crítica debajo de la cual disminuyen los rendimientos de leche, varían de acuerdo al rendimiento de leche de cada vaca (Mayne *et al.*, 2000).

En resumen, la provisión de alimentos suplementarios al pastoreo pueden ser una herramienta de manejo útil, ya sea para mantener los rendimientos animales durante periodos de escasez de forrajes, o como medio de mejorar el rendimiento animal individual por arriba de los niveles que pueden ser sostenidos únicamente con pradera. En situaciones de baja disponibilidad de forraje, las tasas de substitución de forraje son generalmente bajas por lo que un amplio rango de suplementos puede ser utilizado. En contraste, cuando el objetivo es el mejoramiento del rendimiento animal en condiciones en que el aporte de forraje de pradera es adecuado, le opción de suplemento se convierte en el factor importante, dado que existen variaciones en las tasas de substitución debida al tipo de suplemento como se observó en el (cuadro 10) (Mayne *et al.*, 2000).

2.10.4. Previsión de forraje

La producción de forraje varía considerablemente dependiendo de condiciones locales de suelo y condiciones climáticas, aunado a variaciones anuales y estacionales para determinada región. El balancear el aporte de forraje suficiente que cubra los requerimientos de forraje del hato lechero a lo largo de las diferentes estaciones del año, requiere de una efectiva previsión de forraje. La previsión de forrajes se puede considerar de tres tipos:

Previsión anual,

Previsión intermedia

Previsión a corto plazo

La previsión de forraje puede ser realizada tanto en sistemas de pastoreo rotacionales como continuos. En ambos casos, la previsión efectiva de forrajes requiere de una estrecha integración de manejo de pastoreo y conservación de forraje, el cual provee de flexibilidad a la unidad de producción para conservar sobrantes de forraje.

2.10.5. Utilización de suplementos en animales en pastoreo

Los forrajes representan la fuente de nutrientes más barata para la producción de leche, y los costos de energía son menores en sistemas basados en forrajes, que en los sistemas convencionales de alimentación en pesebre. Sin embargo, la oferta de forraje en sistemas de pastoreo es variable a lo largo del año, por lo que es necesario recurrir a la alimentación suplementaria para suplir estas deficiencias (Tesfa *et al.*, 1995).

El objetivo de la alimentación suplementaria es el de estabilizar el consumo de alimento durante la época en que el crecimiento de las praderas disminuye, permitiendo rendimientos animales estables y, por otra parte, el de aumentar los consumos de MS y de EM, incrementando los rendimientos individuales o por unidad de superficie (Leaver, 1985; Mayne *et al.*, 2000).

Se ha mencionado en repetidas ocasiones que el forraje pastoreado es una forma más económica de nutrientes que cualquiera de los alimentos suplementarios convencionales. Por lo anterior, se estima que el beneficio económico directo que se deriva del uso de un suplemento depende del grado de sustitución de alimento que tenga lugar (Hodgson, 1994).

2.10.6. Concentrados

“El nivel de alimentación” se define como la cantidad de concentrados ofrecidos diariamente a la vaca en conjunto con los forrajes.

“Plano nutricional” es la cantidad de concentrados ofrecidos diariamente a la vaca lechera y es el factor de alimentación el cual está bajo el control del productor.

La compleja interrelación entre la cantidad de concentrados, consumo de forraje, rendimiento de sólidos en la leche, cambios de peso vivo y potencial de la vaca no han sido evaluados. Particularmente por que el nivel óptimo de alimentación para un hato en particular depende de la disponibilidad de recursos de la unidad de producción (extensión de tierra, maquinaria y mercado de la leche).

Trabajos de investigación citados por Leaver (1988) establecen que existe una relación cuadrática del plano nutricional con la producción de leche y el peso vivo. También, el incremento en el plano nutricional produce una mayor respuesta en producción de leche y una pequeña respuesta en el peso vivo tanto en vacas de alto como de bajo potencial.

Una respuesta típica del nivel de alimentación durante el primer tercio de lactación se muestra en la cuadro 11 para vacas en que se ofrece ensilado de pasto *ad libitum* de moderada calidad. El incremento en los concentrados reduce el consumo de ensilado e incrementa los rendimientos de leche y los contenidos de proteína.

Cuadro 11. Efecto del nivel de concentrado sobre los rendimientos de leche.

Nivel de concentrado (Kg MS día ⁻¹)	2.2	4.7	7.6
Rendimiento de leche (Kg día ⁻¹)	15.9	18	20.8
Grasa (g Kg ⁻¹)	36.1	38.0	36.1
Proteína (g Kg ⁻¹)	28.2	30.3	32.1
Peso vivo (Kg día ⁻¹) cambio	-0.26	-0.07	+0.17
Ensilado consumo (Kg día ⁻¹)	10.3	9.2	6.9

2.11 Interacción pradera animal.

2.11.1 Uso de praderas en la producción animal

“Pradera” se refiere a plantas comunes en las cuales los pastos son usualmente la especie dominante, con malezas (especies herbáceas dicotiledóneas, incluidas leguminosas) presentes en diversas cantidades (Hopkins, 2000).

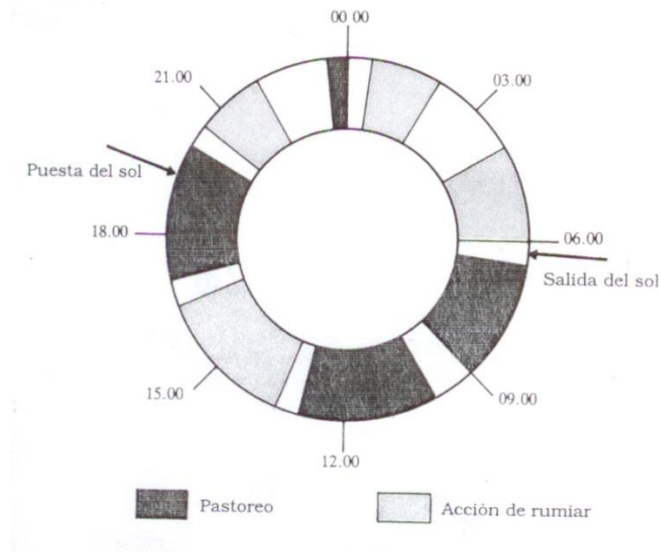
La principal característica de las praderas es que proporcionan una fuente importante de nutrientes a bajo costo para los rumiantes y potencialmente pueden cubrir todos sus requerimientos aun para vacas con altos rendimientos de leche. Esta característica, las hace factibles para su utilización de forma intensiva, ya que el alto costo por concepto de concentrados comerciales, incrementa considerablemente el costo de producción (Albarrán, 1999).

2.11.2. Comportamiento animal al pastoreo

El consumo de forraje de los animales en pastoreo durante un periodo determinado es producto del tiempo de pastoreo, número de mordidas y del tamaño de estas (Forbes, 1995; Popp *et al*, 1997).

En condiciones normales la actividad de pastoreo se lleva a cabo durante el día, en ovinos y bovinos. Cuando las temperaturas máximas son mayores a 25 ° C, el pastoreo se da en un 70 % durante la noche, mientras que cuando las temperaturas son menores de 15 °C la actividad de pastoreo se da durante el día. En general la mayor actividad de pastoreo se da entre las 06:00 h y las 19:00 h en un amplio rango de ambientes (Krysl y Hess, 1993; Hodgson, 1994).

Figura 9. Patrón de consumo y pastoreo



El tiempo de pastoreo va a depender de las características del animal, como de las características de la pradera. El tiempo promedio de pastoreo de los bovinos es de 9 h/día. El tiempo promedio puede aumentar ó puede disminuir dependiendo de las necesidades del animal o de las características físicas de la pradera y, va de un rango mínimo de 6 h a un rango máximo de 13 h (Hodgson, 1994; Krysl y Hess, 1993). Estos datos corresponden a un amplio rango de temperaturas, régimen de suplementación, manejo de pastoreo y tipos de forraje.

El tipo de forraje es otro factor que determina el tiempo de pastoreo, aunque en menor escala. Phillips y James (1998) reportan que el tiempo de pastoreo fue mayor para vacas que pastorearon pradera mixta Rye grass (*Lolium perenne*) y Trébol blanco (*Trifolium repens*), que vacas que pastorearon pradera monófito de Rye grass (*Lolium perenne*) las cuales registraron menor tiempo de pastoreo.

Los menores tiempos de pastoreo corresponden a animales con altos niveles de suplementación (8 Kg), mientras que los tiempos máximos de pastoreo se registraron en animales sin suplementación (Krysl y Hess, 1993).

El sistema de pastoreo no afecta el tiempo de pastoreo (h/ día). Sin embargo, la carga animal si afecta el tiempo de pastoreo. En cargas animales bajas el tiempo de pastoreo es menor en comparación con cargas animales altas, debido al hecho de que a mayor carga animal la disponibilidad de forraje disminuye (Popp *et al* ,1997).

2.12 Forrajes tropicales

Las gramíneas tropicales son plantas C₄. Su actividad fotosintética le permite mejor utilización del agua y de los nutrimentos que las gramíneas de clima templado llamadas C₃. Los forrajes tropicales se caracterizan por una velocidad de crecimiento más rápido que los forrajes templados. Este envejecimiento tiene por consecuencia la reducción del valor alimenticio. En efecto, se acompaña de un desarrollo de los tejidos vasculares más favorables a la lignificación. Esto induce un fuerte valor de las paredes celulares aunque limitadas en nitrógeno de allí que haya una disminución de la digestibilidad (Hodgson, 1994).

A pesar de las grandes cantidades de recursos de forraje que existe en el mundo, la producción animal en el trópico de América Latina presenta grandes problemas con relación a la calidad, cantidad y productividad de forrajes, consistiendo principalmente en pastos nativos, mejorados y naturalizados con poco potencial productivo. Durante la época de sequía hay falta de forrajes para cubrir los requerimientos de mantenimiento, crecimiento y producción de los animales particularmente en las regiones semitropicales y parte sur del estado de México (Romero *et al.*, 2004).

Los forrajes constituyen la base nutricional para hatos lecheros en el trópico (Elizondo y Boschini, 2003). En la región tropical los forrajes son conocidos por su valor nutritivo de medio a bajo (Minson 1990; Aumont *et al.*, 1995). Sin embargo, como esto ha sido definido por numerosos expertos como Devendra y Mc Leroy (1982), y Humphreys (1991), un manejo intensivo de los forrajes, donde las zonas o territorios son limitados y donde los recursos alimenticios ricos en energía son escasos puede incrementar notablemente la producción animal. Por otro lado

Hernández en el año 2005, menciona que durante la época seca, los pastos tropicales se caracterizan por alto contenido de carbohidratos estructurales, bajo contenido de carbohidratos solubles y menos de 7% de proteína.

Según Humphreys (1991), el remplazo de los forrajes nativos por las especies introducidas ha sido considerado como un paso obligado para lograr la intensificación.

La región tropical de México ocupa más de 50 millones de ha, cerca del 30% del territorio nacional. Dicho territorio se caracteriza por contar con un elevado potencial para la actividad ganadera, sin embargo, existen ciertas limitantes como la producción de forrajes tanto en cantidad como en calidad, además de la marcada estacionalidad de los mismos, por lo que las cantidades de forraje producidas resultan insuficientes para alimentar al ganado durante todo el año y obtener así, una buena producción de leche, carne y otros subproductos (SAGARPA, 2005).

En general en el sur del Estado de México, y particularmente en el municipio de Zacazonapan, se utilizan forrajes tropicales para alimentar al ganado. Entre las especies introducidas de mayor importancia destacan el pasto llanero (*Andropogon gayanus*), Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*) y el pasto Chontalpo (*Brachiaria decumbres cv. Chontalpo*); y en cuanto a la pradera nativa se encuentra el zacate bermuda (*Cynodon dactylon*), muela de caballo (*Brachiaria plantaginea*), zacate cabezón (*Paspalum convexum*), pata de gallina (*Eleusine indica*), hierba de vaca (*Paspalum scrobiculatum*), zacate horqueta (*Paspalum conjugatum*), zacate guarda rocío (*Digitaria bicornis*), frente de toro (*Paspalum notatum*) y barbas de indio (*Chloris virgata*) (Figuroa, 2010).

2.12.1 Estrella africana (*Cynodon plectostachyus*)

El pasto estrella de África es uno de los recursos forrajeros más utilizados por los productores en regiones con climas cálidos-húmedos (López, 2009).

El pasto Estrella Africana es una especie forrajera que ha sido establecida y ha persistido en praderas en los trópicos mexicanos ocupando actualmente una gran área de éste. Su dinámica de crecimiento se caracteriza por una rápida elongación de los estolones, producción y muerte de hojas, lo que significa que después de tres o cuatro semanas, después del corte o pastoreo, la materia muerta de plantas lignificadas (que consiste principalmente de hojas y tallos) no es consumida por el ganado, y comienza a acumularse. Estas características muestran que los pastos requieren un manejo intensivo, con potreros de rotación con periodos cortos de ocupación y descanso (de 3-5 días y de 21-28 días, respectivamente) que varían según la época del año (en época de lluvias o secas) con el fin de aprovechar al máximo su potencial productivo (Hernández *et al.*, 2005).

En la región sur del Estado de México, los productores no tienen bien definido su sistema de rotación de praderas de pasto estrella, lo que hace imposible determinen el tipo de crecimiento y su potencial productivo (López *et al.*, 2009). Más sin embargo, se demostró en este estudio que el pasto Estrella de África contiene en promedio 83 g PC/kg MS el cual se encuentra entre los valores reportados por Cabrera *et al.*, (2005) con 56 g PC/kg MS y Sánchez *et al.* (1998) con 103 g PC/kg MS en la época seca y 117 g PC/kg MS en época de lluvias, el cual está condicionado por factores climáticos, particularmente por la lluvia.

2.12.2 Brachiarias

Los cultivares del género *Brachiaria* de origen Africano, han dominado durante las últimas décadas la disponibilidad de especies forrajeras en los trópicos permitiendo la incorporación de extensas áreas a la producción ganadera, incluyendo zonas consideradas marginales en el pasado por la pobreza de los suelos (CIAT, 2004). El pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) cumplió en su momento, con ser una buena alternativa, debido a su rusticidad y persistencia, incluso al mal manejo. Actualmente, ha perdido su resistencia a mosca pinta y su degradación es progresiva (Guiot, 2010).

En cambio los pastos del género *Brachiaria* abrieron nuevas expectativas para la ganadería tropical, por su amplio rango de adaptación, mayor cantidad de forraje y superior calidad nutricional. Esto ha permitido al ganadero elegir un pasto que mejor se adapte a las condiciones de su terreno y al tipo de explotación que maneja, dándole una mayor eficiencia y rentabilidad. Los pastos, Insurgente (*Brachiaria brizantha*) y Chontalpo (*Brachiaria decumbens*) ampliamente difundidos, han tenido buena adaptación agronómica en diversas ecosistemas; sin embargo, una de sus principales limitantes es la baja tolerancia a la sequía, por lo cual se requiere buscar especies forrajeras con mayor tolerancia a dicha época y que presenten una mayor calidad (Guiot, 2010).

2.13 Factores ambientales que afectan el comportamiento de las praderas

El medio ambiente influencia significativamente el crecimiento y contenido de digestibilidad de material de la pared celular en el forraje. Una alta temperatura y humedad en el trópico, incrementa la tasa de maduración del tejido y se reduce la calidad del forraje. En más del 50% de especies tropicales los carbohidratos se reservan en las hojas, y el contenido de energía en la vaina o granos (Homan, 1996). Uno de los factores que afecta el valor nutritivo de los forrajes es el clima, por ejemplo los contenidos de carbohidratos, pueden verse notablemente afectados por la radiación recibida por las plantas (Minson *et al.*, 1990).

2.13.1 Luz

La energía solar transmitida en forma de luz es la fuente de energía para la activación del proceso fotosintético en todas las plantas verdes. Esta actividad que resulta de la síntesis de dióxido de carbono del aire con el agua que produce materia orgánica que sirve de base para todas las otras sustancias orgánicas que las plantas desarrollan (Bogdan, 1997). La absorción y la utilización de la energía solar por el área vegetal están relacionadas con cantidades de energía reducidas por las hojas de forma individual y por toda el área. En un determinado instante los elementos fotosintéticamente activos de esa área comprenden una serie de estructuras de diferentes edades que están sujetas o sometidas a efectos

de clima, o también de otras restricciones ambientales, como un auto sombreadamiento, que aumenta la pérdida de producción de forraje (Rodríguez y Rodríguez, 1987).

2.13.2 Lluvia

La humedad del suelo está determinada por la lluvia principalmente, aunque puede ser modificada por la introducción de riego como parte del conjunto de variables relativas de manejo. La lluvia puede afectar el contenido mineral del forraje, por ejemplo el calcio tiende a acumularse en las plantas durante el periodo de sequía, encontrándose en menores cantidades, cuando los contenidos de fósforo son menores si abundan las lluvias (Minson et al., 1990).

2.13.3 Temperatura

La temperatura es un factor importante para el desarrollo y crecimiento de la planta y para cumplir con un buen proceso de fotosíntesis (Cantú, 1989)

Altas temperaturas reducen la producción y detiene el crecimiento del pasto, se deteriora y aumenta la cantidad de celulosa, lignina, pentosano y nitrógeno total (Muslera y Ratera, 1991).

El frío puede causar perjuicios por debajo del punto de congelación, pero las plantas pueden formar resistencia cambiando su metabolismo durante los periodos fríos. Por una disminución de la cantidad de agua libre, un aumento en la permeabilidad celular y como consecuencia se incrementa la concentración de azúcares totales (MEA, 1982).

2.13.4 Anhídrico carbónico

Es un factor que limita la eficacia del proceso de la fotosíntesis. Se encuentra en la atmósfera, una baja en el nivel de anhídrico carbónico en el aire afecta la eficiencia de la fotosíntesis y por tanto el crecimiento y producción del pasto (MEA, 1982).

La participación de carbohidratos depende de una serie de factores fisiológicos, genéticos y del ambiente que en algunos casos puede ser manipulados para aumentar la productividad del forraje (Parsons *et al.*1983).

2.14 Factores del animal que afectan el comportamiento de la pradera

Entre los factores del animal que afectan a la pradera y con ello el consumo voluntario, se encuentran, selectividad, pisoteo, deposición de heces y orina y carga animal (Leaver, 1982).

2.14.1 Selectividad

La selectividad está en función de la palatabilidad del forraje, causa una alteración del balance natural entre especies y produce un efecto decisivo en la velocidad de restablecimiento de la pradera (Quintanar y Domínguez, 1988).

Las características de la superficie de las plantas tiene un efecto sobre el hocico, labio y lengua del animal, la oportunidad de la selección es determinada por las proporciones relativas de la pradera (Hodgson, 1994).

2.14.2 Carga animal

En cada explotación hay un nivel óptimo de carga (número de animales por unidad de superficie), que permite obtener producciones máximas compatibles con la duración de las praderas. La determinación de este tipo de carga debe realizarse en función de las necesidades a lo largo del año, para asegurarse que la cantidad de forraje ofrecida por día a los animales sea la necesaria (Muslera y Ratera, 1991)

2.14.3 Deposición de heces y orina

Entre el 20 y 30% de la MS consumida diariamente por las vacas en pastoreo es excretado en el estiércol. Esto cubre un área de 0.45 - 1.10 metros cuadrados, y la cantidad total depende de la carga animal (Muslera y Ratera, 1991)

Sin embargo, el depósito de las excretas no necesariamente reduce el consumo si la presión del pastoreo es alta. Un aumento en la carga del ganado aumentara la cantidad de heces devueltas, mejorando su distribución (Hodgson, 1994). La cantidad de orina depositada en la pradera es variable puede ser de 1.5-3.5 litros de volumen de micción y de 6 a 25 litros por vaca/día. La orina contiene de 6-15 g de N/L y 6 a 16 g/L por lo que la orina contribuye al crecimiento del pasto y no causa rechazo (Holmes, 1989; Hodgson, 1994).

2.14.4 Pisoteo

El Pisoteo de los forrajes y el suelo donde se presenta es una consecuencia que no se puede evitar en las praderas ya que al ser pastoreadas los animales tienen que estar presentes en las praderas (Martínez, 2002)

El pisoteo son las lesiones mecánicas producidas por los animales que pueden ocasionar la destrucción total de las plantas y es el daño producido por las pezuñas de los animales (Muslera y Ratera, 1991)

Los efectos del pisoteo se pueden ver claramente cuando el terreno está muy húmedo y blando, se enfanga y puede desaparecer la pradera, la única medida para evitar el pisoteo excesivo es retirar a los animales durante este periodo (Hodgson, 1994).

Una pradera mixta (leguminosas y gramíneas), resiste mejor al pisoteo del ganado que una siembra pura de leguminosas (Flores, 1988). Las praderas permanentes o naturales que llevan varios años en el terreno pueden desarrollar un sistema radicular denso y un suelo compactado que pueden tolerar mejor el pastoreo (Holmes, 1989).

2.15 Factores de la pradera que afectan el comportamiento al pastoreo del animal

2.15.1 Masa herbácea

Se define como la cantidad de forraje en kg MS por unidad de superficie en un determinado periodo (Hodgson, 1981). El consumo voluntario aumenta significativamente conforme aumenta la masa herbácea (Flores, 1988).

En una pradera bajo cualquier forma de aprovechamiento, la tasa de mordida y el tiempo de pastoreo se incrementa progresivamente conforme disminuye la cantidad de forraje en la pradera y consecuentemente disminuye el consumo voluntario del animal (Hodgson, 1994).

2.15.2 Digestibilidad

El valor nutritivo del forraje puede expresarse en términos de digestibilidad, (Quintanar y Domínguez, 1988). Corresponde a la parte digestible y aprovechable por el animal, el resto es eliminado en las heces (indigestible). La digestibilidad disminuye con el grado de crecimiento o madurez del pasto (Flores, 1988).

A lo largo del año se producen una serie de cambios en la estructura y composición del forraje, relacionadas con el estado fisiológico de la planta (Donald y Edmundo 1981). Depende, al mismo tiempo de la relación tallo-hoja que cambia de acuerdo al desarrollo fisiológico de la planta: los tallos tienen menor digestibilidad y decrece rápidamente conforme avanza su madurez (Flores, 1988).

Es importante suministrar forraje digerible para permitir un consumo voluntario de energía lo más alto posible dado que existe una estrecha relación entre consumo y digestibilidad (Leaver, 1982).

2.15.3 Altura y densidad de brotes

Hodgson (1994) menciona que los brotes son los núcleos de crecimiento para el desarrollo del tejido nuevo y están situados cerca del nivel de la tierra donde están protegidos del daño directo.

Hodgson (1994) menciona que en el pastoreo continuo mientras mayor sea la carga animal existe un menor intervalo entre la defoliación, por lo tanto, un mayor número de brotes. Mientras que Leaver (1982) indica que la cantidad de residuos de forraje después del pastoreo suave, afecta el grado de brotes en una pradera.

La utilidad de estimar la altura de la pradera en el manejo de las praderas es que es un indicador de las condiciones del estado actual de la pradera y proporciona información que indica directamente el consumo del forraje por el animal y sobre todo, permite ajustar la carga animal (Hodgson, 1994).

El consumo por bocado y la cantidad de forraje consumido disminuye progresivamente conforme decrece la altura, sin embargo en pastoreo continuo esto se contrarresta parcialmente por un aumento de la tasa de mordida (Leaver, 1982). La estructura y cubierta vegetal pueden limitar el consumo, ya que el animal, no alcanzará a recoger en cada bocado la cantidad suficiente de forraje, y no cubrirá sus necesidades nutricionales (Muslera y Ratera, 1991).

2.16 Factores de los animales que afectan el consumo de forraje

De los factores de los animales importantes, que determinan el consumo voluntario se encuentran: raza, edad, peso corporal y condición corporal, número de pariciones, gestación, etapa de lactación, rendimientos de leche y alimentación previa (Ingvarsen, 1994).

2.16.1 Raza

El factor de la raza, dentro de los bovinos lecheros se considera que el consumo del ganado Jersey es 26 % mayor por cada 100/Kg de peso vivo en comparación

con razas de talla grande (Friesian Danes y Danes Rojo) (Ingvarsten, 1994). La afirmación anterior es distinta de lo reportado por Foldager y Haarbo, (1994) quienes analizaron las ecuaciones de estimación de "Capacidad de Consumo Voluntario" del sistema danes en el cual concluyen que, la máxima capacidad de consumo voluntario del ganado Jersey con un peso corporal promedio de 347 Kg, es solo del 79.4 % con respecto a la capacidad de consumo de ganado Danes Rojo que promedia 500 Kg de peso vivo. Por lo tanto estos resultados se contraponen a lo reportado por Ingvarsten (1994) para el mismo tipo de ganado.

Persaud, *et al.* (1991), quienes realizaron un análisis retrospectivo de los registros de consumo de alimento de bovinos Holstein-Friesian y, en el cual concluyen, que existe una correlación genética positiva entre el peso vivo y el consumo voluntario. Lo anterior da sustento a lo reportado por Foldager y Haarbo (1994) de que a mayor peso corporal mayor capacidad de consumo de MS.

2.16.2 Edad

La edad está estrechamente relacionada con los requerimientos de nutrientes y de consumo de MS de acuerdo a las diferentes etapas fisiológicas de los animales (crecimiento, lactación, gestación, periodo seco). Además se relaciona con el comportamiento de los animales al pastoreo.

La capacidad de consumo en el primer tercio de lactación de vacas primerizas a la edad de 2 años con un peso de 500 Kg es solo cercano al 80 % en comparación con vacas multíparas, y solo cerca de dos terceras partes de esta diferencia son explicadas por las diferencias en el peso vivo y los rendimientos de leche (Ingvarsten ,1994).

En animales de 7 años de edad se reporta que la actividad de caminar durante el pastoreo disminuye con la edad, al disminuirse las distancias diarias recorridas por animales de estos, en comparación con animales de 3 años los cuales realizan recorridos mayores en la búsqueda de su alimento (Krysl y Hess, 1993). Esto puede tener su explicación debido a que animales jóvenes que no han alcanzado

su máximo crecimiento y por lo tanto la máxima capacidad de consumo tienen menor presión para lograr cubrir sus requerimientos de CV de MS, por lo que pueden ser más selectivos y en este proceso recorrer mayores distancias en la búsqueda de forrajes de mayor calidad. Contrario a lo que puede suceder con animales maduros (5 años) que han alcanzado su máxima capacidad de CV de MS, así como sus máximos rendimientos de leche; con lo cual tienen mayor presión en cubrir su CV en el menor tiempo posible con lo que las distancias recorridas por día disminuyen.

Respecto a la edad y el comportamiento al pastoreo de los animales se tiene que animales jóvenes dan mordidas ligeras las cuales son menos profundas que las de los animales adultos. La tasa de mordida así como también el tiempo de pastoreo es menor en animales jóvenes, esto permite que los forrajes consumidos por animales jóvenes sean de mayor calidad y estén relacionados con mayores concentraciones de N (g/Kg MS) y menor contenido de cenizas, FND, FAD y LAD (g/Kg MS) (Ferrer y Petit, 1995).

2.16.3 Peso y condición corporal

El peso vivo es uno de los principales factores que influyen el CV en los bovinos de leche. La predicción del consumo por los rumiantes es difícil debido a las interacciones entre el animal y la dieta, particularmente difícil bajo condiciones donde existen pocos datos fiables para realizar los cálculos. Es claro que el consumo es influenciado por el peso vivo, requerimientos de energía y calidad de la dieta (Forbes, 1995).

La lactación genera un gran incremento de demanda de nutrientes, especialmente en el ganado seleccionado hacia altos rendimientos. Existe una correlación entre CV y rendimientos de leche, pero el CV está más estrechamente relacionado con el peso corporal que con los rendimientos de leche; es decir, a mayor peso corporal mayor consumo pero, no necesariamente mayores rendimientos de leche (Forbes, 1995). Esta relación es claramente demostrada en el trabajo de (Persaud et al.1991), quienes analizaron los registros de producción de leche y consumo de

alimento de bovinos Holstein-Friesian, con objetivo de estimar la correlación que existe entre peso corporal y producción de leche. Llegando a la conclusión de que existe una correlación genética positiva entre el peso vivo y consumo voluntario y una alta correlación genética negativa entre el peso vivo y la producción de leche.

En el AFRC (1993) se ofrece una fórmula para estimar el CV de MS para ganado lechero, la cual se basa en la ecuación VH1 de Vladivelloo y Holmes (1979):

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

Dónde:

DMI - consumo de materia seca

C - Kg de MS/día de alimento concentrado

W - peso vivo Kg

n - semana de lactación

Y- rendimientos de leche Kg/día

La capacidad de consumo en los rumiantes también es influenciada por su condición corporal. Se ha demostrado que vacas delgadas no lactantes consumen 24 % más MS que vacas con condiciones corporales (CC) > de 3.5 en escala de 1-5 puntos (Ingvarsen ,1994).

Forbes (1977) comenta que si la condición corporal se incrementaba en 0.5 Kg/día y la capacidad del tracto digestivo disminuía 0.51 por Kg de incremento en la grasa abdominal, con lo que las vacas se encontrarían en un estado de equilibrio entre el peso corporal y las reservas grasas.

Vacas que llegan al parto en condiciones de obesidad la capacidad de CV durante el primer tercio de lactación es menor que el de vacas delgadas aunque los rendimientos de leche de vacas con CC > 3.5 no necesariamente son menores; por el contrario vacas que llegan al parto con CC = 3.5 pierden menos peso y los

rendimientos de leche no se ven afectados (Meijs, 1981; Freer, 1981; Ingvarsten ,1994; Forbes, 1995).

La condición corporal de las vacas al parto influencia la tasa de duración y movilización de reservas grasas. El efecto de la movilización de 1 Kg de grasa por día, en el consumo varía de -0.09 Kg de MS por día ó -4.7 Kg de materia seca por día (Ingvarsten ,1994).

2.16.4 Gestación

En animales gestantes dos efectos opuestos influyen el CV de MS. El incremento de las necesidades por nutrientes para el desarrollo del feto ocasiona que el CV aumente desde el momento de la concepción hasta la mitad de la gestación, aunque este incremento es proporcionalmente pequeño en comparación de la rata y el cerdo (Forbes, 1995).

En etapas tardías de gestación el volumen abdominal se reduce al incrementarse el tamaño del feto, y por lo tanto el espacio disponible para la expansión del rumen durante la alimentación se reduce. Como resultado el CV se deprime especialmente si la dieta es predominantemente de forrajes (McDonald *et al*/1987).

En los bovinos lecheros a partir de la semana número 26 de gestación la capacidad de consumo voluntario disminuye 1.53% (0.17 Kg) semanalmente (cuadro 12), cambio que corresponde a limitantes físicas por lo que vaquillas y vacas deben ser alimentadas con cantidades de concentrados moderadas con la finalidad de acumular reservas grasas que serán utilizadas en la siguiente lactación. La capacidad de consumo concerniente a energía es probablemente también deprimida junto con la regulación hormonal, aunque este valor en el ganado no ha sido cuantificado (Ingvarsten ,1994).

2.16.5 Lactación

La regulación de CV en vacas lactantes es caracterizada por una falla temporal en la regulación del balance energético para mantener el peso corporal en la

lactación temprana. Después del parto los requerimientos de energía para mantenimiento y producción son mucho más altos que la capacidad de consumo de energía y por lo tanto hay una pérdida de peso y condición corporal (Forbes, 1995).

En vacas con una composición constante de componentes de leche los picos de rendimiento de leche se dan entre la 5 y 7 semana posparto, mientras que el máximo consumo se da entre la 8 y la 22 semana posparto. El incremento en el consumo de la semana 1 posparto al momento en que se alcanza el máximo consumo varía entre 2 y 11 %, estas diferencias dependen de la dieta durante la lactación, pero sobre todo dependen en la alimentación preparto (condición corporal) (Ingvarsen ,1994).

Cuadro 12. Relación del mes de lactancia y consumo voluntario (CV) relativo.

Mes	CV relativo	Mes	CV relativo
1	81	6	108
2	98	7	101
3	107	8	99
4	108	9	97
5	109	10	93

Estimaciones de consumo de forraje de vacas en pastoreo sugieren que vacas lactantes consumen 28 % más forraje que vacas no lactantes (Meijs, 1981). En vacas lactantes parámetros estimados indican que el consumo de MS se incrementa de 0.66 a 2.5 Kg por cada 100 Kg de peso vivo (Ingvarsen ,1994).

El tiempo de pastoreo durante la lactación temprana es un factor que estará determinado por los rendimientos de leche de las vacas. Cuando los rendimientos de leche de vacas en pastoreo se encuentran en rangos de 5-25 Kg de leche, el tiempo de pastoreo será de 5 min., más por cada kilogramo de leche; mientras que para vacas que reducen entre 20 y 35 Kg de leche, el tiempo requerido de pastoreo por cada Kg de leche es de 12 min. (Herrero, 1998).

El CV de vacas primíparas y multíparas es diferente, aunque esta diferencia se explica en parte por las diferencias en peso corporal y rendimientos de leche ya

que la capacidad de CV de vacas primíparas es solo del 80 % en relación a vacas multíparas (Ingvarsen ,1994).

2.16.6 Manejo practico de ganado lechero en sistemas de pastoreo

Varios estudios han mostrado que las características de consumo de y valor nutritivo de forrajes pastoreados son mayores a aquellos forrajes conservados, resultando en incrementos de rendimientos animales respecto de forrajes conservados. Por ejemplo, Mayne y Cushnaham (1995), revisaron 13 estudios los cuales sumaron 432 ensilados de pasto de los cuales en promedio se determinó que existió una reducción en el consumo voluntario (CV) de rumiantes del 27% (comparado con el CV del mismo forraje antes de ser ensilado), con un rango de disminución de CV entre 1% y 64%. Estos datos sugieren que en regiones de clima templado, con buenas condiciones de crecimiento para los pastos la producción de leche bajo pastoreo se debe basar en el pastoreo de forma que se logre una reducción importante de los costos de producción. Además, los sistemas de producción de leche basados en pastoreo requieren de pocos insumos, y el bienestar de los animales es mayor comparado con sistemas estabulados. Sin embargo, una de las desventajas de sistemas de pastoreo en comparación con los sistemas estabulados es el mayor manejo de los animales y el grado de conocimiento que se requiere, debido a las fluctuaciones en el crecimiento de pasto y a su composición química, así como a las interacciones que existen entre los factores de la pradera y los animales relativo al consumo de forraje. Incrementos en el mérito genético y por lo tanto del potencial productivo, de los hatos lecheros ha dificultado el que se logre una utilización eficiente de forrajes bajo pastoreo cubriendo los requerimientos de animales altos productores (Mayne *et al.*, 2000).

2.16.7. Implicaciones prácticas

Informes de investigaciones de consumo de forraje en pastoreo y rendimientos de leche de vacas lecheras sugieren que en la mayor parte de la estación de primavera, los consumos totales de MS son substancialmente menores que aquellos logrados durante invierno cuando se ofrecen concentrados y forrajes (Cuadro 13). Esto genera la interrogante sobre si se deben usar suplementos, que tipo de éstos, en que cantidad y por cuanto tiempo.

Cuadro 13.Consumo típicos de forraje de vacas lecheras en pastoreo durante la época de pastoreo.

Estación	IB (g MS)	Consumo de forraje pastoreado † (kg MS d ⁻¹)	Consumo de EM (MJ d ⁻¹)	Rendimientos de leche †† (kg d ⁻¹)
Primavera	0.50	14.8	170	22
Verano	0.35	11.8	130	14
Otoño-invierno	0.25	9.2	100	8

† de la ecuación 4 †† Asumiendo no cambios de peso vivo

2.16.8 Pastoreo de amortiguamiento “buffer”

Muchos de los problemas del pastoreo se relacionan con la identificación de si la cantidad de forraje disponible es adecuada o no. Esto puede ser dilucidado de cierta forma con el monitoreo de los rendimientos de leche y por estimaciones de la producción diaria de forraje en la pradera.

Sin embargo, los rendimientos totales de leche son frecuentemente confundidos por los cambios en el número de vacas recién paridas, vacas que inician su periodo seco, y rendimientos individuales pueden ser malinterpretados debido a los cambios de la composición de la leche y a los cambios de peso vivo de los animales. La disponibilidad de forraje es frecuentemente difícil de determinar, particularmente en sistemas de pastoreo de carga animal fija.

Un método para facilitar la toma de decisiones es el de ofrecer alimentos basados en forrajes conocidos como amortiguadores, ya sea después de la ordeña o mientras los animales permanecen en los corrales durante la tarde-noche. Con este sistema, el animal tiene la decisión sobre si las condiciones de la pradera son adecuadas o no.

La calidad de los alimentos amortiguadores dependerá de la productividad de los animales, el déficit probable de forraje en la pradera, y la duración del periodo en que se ofrezca el alimento. El ensilado de pasto ha demostrado ser el forraje de amortiguamiento más popular, pero el heno, mezclas que incluyen paja, granos de destilería (como la cebada), y lotes de pradera sin pastorear han sido utilizados con éxito.

Una ventaja de los suplementos basados en forrajes es que la tasa de consumo es alta promediando 3-4 kg de MS/h comparado con el consumo de MS en pastoreo que es de 1-2 kg MS/h. Esto, probablemente explica la disponibilidad del animal para consumir forraje de menor calidad que el forraje de la pradera; particularmente cuando las condiciones de la pradera son desfavorables (lo que ocasiona tamaños de mordida reducidos e incremento en el tiempo de pastoreo).

Debido a que estos alimentos amortiguadores son de menor costo, en comparación con los concentrados. Éstos debe ser el suplemento de primera elección para ganado lechero. Las tasas de sustitución de forraje por kg de suplemento de amortiguamiento es alta, por lo tanto la carga animal deberá incrementarse considerablemente para que la utilización de alimento suplementario de amortiguamiento sea exitosa. Inevitablemente, esto conllevará a que pequeñas porciones de la superficie de pastoreo sean pastoreadas y una mayor proporción sea cortada y ensilada. Aunque en general el ensilaje es más caro que el forraje pastoreado, el ensilado extra como forraje amortiguador pueda tener un menor costo que el ensilaje de invierno (debido a que se reducen los costos fijos), y estos costos extras se reducen de alguna forma por la utilización del pasto extra (UEM/ha) de las praderas que son cortadas (Richards, 1977; Walsh, 1982).

El ofrecer alimentos amortiguadores por la noche es particularmente aplicable en primavera para permitir que grandes porciones de la pradera sean ensiladas. Esta situación puede ser mantenida durante la estación de pastoreo con una carga animal fija de alrededor de 10 vacas/ha (Roberts y Leaver, 1984). Alternativamente después del primer corte para ensilar, forrajes de amortiguamiento pueden ser ofrecidos después de la ordeña.

2.17. Efectos de suplementos sobre consumo de forrajes y rendimientos animales

Alimentos suplementarios son frecuentemente ofrecidos ha animales en pastoreo para mantener o incrementar consumos diarios totales y mantener rendimientos animales adecuados. Estos, son necesarios debido a que el forraje de praderas frecuentemente falla en proveer el forraje necesario para cubrir los requerimientos del hato. Estudios de comportamiento al pastoreo, indican que el tamaño de mordida es el factor más crítico que controla el consumo diario de forraje. Cuando las condiciones de la pradera ocasionan reducciones en el tamaño de mordida, el animal incrementa el tiempo de pastoreo como efecto compensatorios, así como el incremento de la tasa de mordida; sin embargo, aún con estos ajustes el consumo de forraje se ve disminuido. Vacas con altos rendimientos, adicionalmente compensan con incrementos en tiempos de pastoreo en comparación con vacas con bajos rendimientos, pero otras restricciones limitan los rendimientos de leche obtenidos a partir del pastoreo. La tasa de sustitución de forraje por suplemento, es afectada principalmente por la disponibilidad de forraje. Bajas tasas de sustitución son registradas bajo condiciones de pastoreo en comparación con cero pastoreo. El efecto de suplementos sobre el consumo de forraje es manifestado principalmente por reducciones en el tiempo de pastoreo. Si las condiciones de la pradera no son limitantes, suplementos basados en forraje producen mayores tasas de sustitución que suplementos basados en concentrados, y por lo tanto, son más adecuados cuando la disponibilidad de forraje en la pradera es baja. La respuesta a la suplementación en el corto plazo resulta en rendimientos de leche moderados, pero los efectos financieros en el largo plazo son adecuados. En el futuro, es probable que los sistemas de pastoreo, dependan cada vez más y más en forrajes suplementarios como amortiguadores de la demanda de alimento, combinados con carga animales altas, y niveles fijos de concentrados.

El uso de suplementos en sistemas de pastoreo se da por varias razones. Una de estas en cuando existe una baja disponibilidad de forraje en la pradera lo cual

limita el consumo voluntario de los animales, por lo que es necesario utilizar suplementos para mantener los niveles de producción adecuados. Otra de las razones es para obtener mayores niveles de producción de leche, que los que pueden ser obtenidos con sistemas de pastoreo a libre acceso.

Debido a que los suplementos ocasionan un efecto substitutivo del consumo de forraje de la pradera, la carga animal puede ser incrementada.

Un amplio rango de respuestas a la suplementación ha sido obtenido en experimentos de pastoreo. (Leaver *et al.*, 1968; Meijs, 1981). Desafortunadamente, en la mayoría de los experimentos solo se mide la respuesta animal sin que se explique el porqué de las amplias respuestas en producción. Por lo tanto, con el objeto de predecir la respuesta a la suplementación, es necesario mejorar el entendimiento y cuantificar las interacciones que se dan entre el animal, el suplemento y la pradera.

El ofrecer alimentos suplementarios a animales en pastoreo tiene por objeto mantener o incrementar consumos totales de MS y EM, comparados con aquellos logrados bajo condiciones de amplia disponibilidad de forraje. El grado en que este objetivo es alcanzado depende particularmente de las condiciones de la pradera, y de la cantidad y tipo de alimento suplementado.

2.17.1. Limitantes de los rendimientos en forrajes pastoreados.

Forrajes pastoreados frecuentemente fallan en cubrir los requerimientos de animales altos productores (Leaver, 1985). Bajo condiciones de alimentación en corral el consumo diario de forraje es determinado principalmente por la calidad (digestibilidad) del forraje ofrecido, así como del consumo potencial del animal. En consecuencia, existe una relación lineal entre el consumo voluntario de forraje y la digestibilidad del mismo (Hodgson, 1977). Animales de alto potencial productivo, tienen mayor consumo voluntario a razón de 0.2-0.4 kg MS de incremento por cada kg de leche producido (Curran y Holmes, 1970).

2.17.2 Efecto de la suplementación sobre consumo de forraje y consumo total.

El ofrecer alimentos suplementarios a animales en pastoreo tiene por objeto mantener o incrementar consumos totales de MS y EM, comparados con aquellos logrados bajo condiciones de amplia disponibilidad de forraje. El grado en que este objetivo es alcanzado depende particularmente de las condiciones de la pradera, y de la cantidad y tipo de alimento suplementado.

2.17.3. Condiciones de la pradera

Cuando la disponibilidad de forraje es alta, moderadas tasas de sustitución de 0.4-0.6 kg de forraje MS/kg por cada kg MS de concentrado han sido reportados (Meijs, 1981). Suplementos basados en forrajes, resultan en altas tasas de sustitución; frecuentemente sobre 1.0 kg/MS de forraje por kg/MS de suplemento (Phillips, 1983).

Reducción en la cantidad de forraje disponible resultará en una reducción de la tasa de sustitución de forraje por concentrados, y en una mayor respuesta en el consumo de materia seca y energía metabolizable. Por ejemplo, Meijs y Hoekstra (1984) reportaron tasas de sustitución de forraje por concentrado de en disponibilidades altas y bajas de forraje en la pradera de 0.50 y 0.11 kg/MS respectivamente.

De igual manera, la tasa de sustitución de forrajes también depende de las condiciones de la pradera. Phillips y Leaver (1985b) reportaron tasas de sustitución de 1.29 kg/MS de forraje por cada kg de MS de ensilado a una altura de forraje de 9.6 cm al inicio de verano, y de 0.68 kg de forraje/MS por kg/MS de ensilado a una altura de forraje de 7.2 cm a finales de verano.

La disminución del consumo de forraje resultado de la suplementación se manifiesta principalmente en una reducción del tiempo de pastoreo, con pequeño efecto en la tasa de mordida o el tamaño de ésta.

El rango de disminución de tiempo de pastoreo ha sido reportado como de 3 hasta 20 min/kg de MS de concentrado dependiendo de las condiciones de la pradera (Sarker y Colmes, 1974; Jennings y Colmes, 1984).

Asumiendo una disminución desde 25 min/kg de MS / kg de concentrado a un tamaño de mordida de 0.65 g MS, hasta 0 minutos a un tamaño de mordida de 0.25 g MS.

Ésta hipotética relación requiere de mayor validación, pero ésta explica como el tamaño de mordida (IB) bajo la influencia de las condiciones de la pradera puede afectar la tasa de substitución, y por lo tanto la respuesta animal a la suplementación.

Cuadro 14. Hipotética relación entre tamaño de mordida (IB) y la tasa de substitución de forraje por kg de concentrado en ganado lechero.

IB (gMS)	† (no/min)	RB	Tasa de consumo†† (g MS/min)	de en GT/kg de MS (min)	Reducción asumida de concentrado	Tasa de substitución Kg MS
0.	0.	64.	16.0	0		0
25	1	62.	21.8	13		0.28
35	2	60.	27.1	20		0.54
45	3	58.	32.1	24		0.77
55	4	56.	36.7	25		0.92
65	5					

De los suplementos basados en forrajes, similares efectos en GT y tasas de substitución fueron mostradas con suplementos de heno (Phillips y Leaver, 1985b).

Una restricción en la disponibilidad de forraje también puede ser debida a restricciones en el tiempo de pastoreo. Esto ocurre cuando las vacas son estabuladas y alimentadas en pesebre por la noche, y solo accedan a la pradera durante el día. Este es el único método que consistentemente permite lograr altos

consumos de forraje suplementario (Phillips y Leaver, 1985b). Cuando existe una amplia disponibilidad de forraje de alta calidad (como en primavera) los animales prefieren pastorear que consumir forrajes suplementarios. Sin embargo, esta preferencia cambia en la medida que las estaciones progresan. Y para mediados de verano, forraje suplementario de buena calidad es preferido en lugar del forraje de la pradera.

2.17.4. Cantidad y tipo de suplemento

Experimentos con ganado alimentado en pesebre (cero pastoreo) han mostrado que la tasa de substitución de forraje por concentrado se incrementa con el incremento de cantidades diarias de concentrados (Hijink *et al.*, 1982). No obstante, a pesar de la lógica de tal relación, bajo condiciones de pastoreo, la cantidad de concentrados ofrecidos no tiene generalmente efecto significativo sobre las tasas de substitución (Sarker y Colmes, 1974; Meijs y Hoekstra, 1984).

Concentrados altos en energía y proteína no han incrementado significativamente los consumos totales de EM en comparación con concentrados bajos en energía y proteína debido a las altas tasas de substitución (Jennings y Colmes, 1984).

El efecto de los concentrados en reducir el consumo de forraje es probablemente debido a la disminución de la digestión de la celulosa en el rumen, y a la reducción de las tasas de pasaje de la digesta (Campling, 1966). Los experimentos de Milne *et al.* (1981) confirman que la digestibilidad del forraje fue deprimida por suplementos basados en cereales.

2.18. Efecto de la suplementación en el rendimiento animal

2.18.1 Concentrados

La respuesta a corto plazo de concentrados es generalmente baja. En una revisión de experimentos la respuesta promedio a la suplementación fue de 0.32 kg de leche por kg de concentrado suplementado (Leaver *et al.*, 1968) y más recientemente en experimentos donde las vacas tuvieron rendimientos de 25 kg

de leche/día, la respuesta promedio fue de solo 0.40 kg de leche por kg de concentrado (Journet y Demarquilly, 1979). Sin embargo, es esencial que se consideren los efectos de la suplementación con concentrados, diferentes a los incrementos en la producción de leche. Estos, pueden ser substanciales y pueden cambiar de una aparente respuesta antieconómica en una respuesta económica a lo largo de la lactación.

Limitaciones en la oferta de forraje pueden resultar en grandes respuestas a la suplementación con concentrados. Le Du y Newberry, (1982) reportaron respuestas de 2.9 y 3.5 kg de leche por kg de concentrado, bajo condiciones de severa restricción de forraje dentro de la pradera.

Los concentrados tienden a deprimir el contenido de grasa de la leche, particularmente aquellos con alto contenido de cereales (Stton, 1981). Sin embargo, pequeños beneficios han sido demostrados en el contenido de grasa de la leche utilizando remolacha forrajera en lugar de cereales (Corbett y Boyne, 1958). El efecto de la suplementación sobre el contenido de proteína de la leche ha sido insignificante.

Ha sido sugerido que suplementos con proteínas protegidas pueden ser beneficiosas para animales en pastoreo en etapa temprana de lactación (Journet y Demarquilly, 1979). Respuestas en los rendimientos de leche y sólidos de leche han sido demostradas utilizando suplementos de caseína protegida (Stobbs *et al.*, 1977; Rogers *et al.*, 1980). La cuestión será el saber si los suplementos de proteína protegida justifican su uso, para lo cual es necesario determinar su pertinencia. Suplementos con grasa protegida han demostrado parcialmente un efecto benéfico en la depresión de grasa en la leche en pastoreo en primavera (Fisher, 1979).

2.18.2. Forrajes

La tasa de sustitución de forrajes pastoreados por forrajes suplementarios es alta y sólo contribuyen significativamente cuando existen severas restricciones de forraje en la pradera, ya sea en cuanto a calidad o cantidad.

Los henos pueden ser utilizados para incrementar el consumo de fibra en primavera, pero los consumos serán bajos a menos que se limite el acceso a la pradera (Parker, 1966). La suplementación con heno en la hora de la ordeña, puede incrementar los rendimientos de grasa y proteína de la leche, particularmente en vacas altas productoras (Phillips y Leaver, 1985b). Es improbable que las pajas contribuyan significativamente al consumo de energía metabolizable a menos que ésta sea tratada con el objetivo de incrementar su digestibilidad, o suplementada con concentrados produciendo una mezcla.

El ensilado de pasto es un suplemento muy utilizado a animales en pastoreo. Cuando no existen restricciones en la disponibilidad de forraje, se obtienen bajos consumos de ensilado, pero bajo condiciones de restricción severa de forraje en la pradera, se traducen en un alto consumo de ensilaje (Phillips y Leaver, 1985b). Cuando no existen restricciones en la disponibilidad de forraje en la pradera, el ensilado de pasto reduce los rendimientos de leche y proteína de la leche, pero los rendimientos de grasa de la leche se incrementan. El grado de respuesta de estos cambios depende de la calidad del ensilado relativa a la calidad del forraje de la pradera, así como del tiempo disponible para que sean consumidos. Cuando la disponibilidad de forraje es baja, incrementos significativos en la grasa y proteína de la leche han sido reportados (Davidson *et al.*, 1982).

El ensilado de maíz presenta características de alto consumo, y puede ser más preferido que forraje de la pradera. El ofrecer ensilado de maíz por periodos limitados, tales como durante la ordeña conlleva a incrementos en los rendimientos de leche y peso vivo.

2.19 Respuesta a corto plazo en la utilización de concentrados.

Los cambios en el nivel de alimentación resultan en cambios en la microflora ruminal y es generalmente considerado que este completo en los niveles de respuesta en producción de leche en las dos semanas posteriores. Pruebas a corto plazo con diseños de recambio pueden ser utilizadas para medir la partición del aporte de energía adicional.

El resultado de la (cuadro 15), ilustra la respuesta de vacas en lactación media sobre un rango de 5-11 Kg de concentrado día⁻¹ con ensilado de 10.4 MJ Kg⁻¹MS. Las Tasas de sustitución de concentrados por ensilados fueron bajas a partir de un alto incremento. La respuesta en sólidos de leche también disminuye a altos niveles de concentrados. Sin embargo, la energía metabolizable disponible para el incremento de peso vivo (balance energético) fue similar a través de todos los incrementos promediando + 6.5 MJ Kg⁻¹ de incremento por cada Kg de concentrado.

Los 68 MJ de incremento en el aporte de EM del bajo al alto nivel de suplementación de concentrados, resultó en 21 MJ (0.31) convertidos a leche, 34 MJ (0.50) para el balance energético, y 13 MJ (0.19) depresión en el consumo de EM del ensilado. El efecto de los concentrados en la sustitución de forrajes depende de la calidad del forraje.

2.20 Respuesta a largo plazo al utilizar concentrados

En el largo plazo, la proporción de la respuesta adicional a concentrados es partida hacia leche y peso vivo, o sustitución de forrajes, dependiendo también en la previa historia nutricional.

El efecto de la previa historia nutricional es mediado vía condición corporal de la vaca la cual afecta el consumo de forraje y la partición de nutrientes y vía el número de células secretoras en la glándula mamaria.

Para vacas en mediano o bajo plano nutricional en el primer tercio de lactación, la respuesta adicional de los concentrados en esta etapa es equivalente al 55 % de la respuesta inmediata. Sin embargo, en altos planos nutricionales, no existe respuesta residual aparente.

Cuando diferentes niveles de concentrado son ofrecidos sobre un periodo largo, la respuesta varia en diferentes etapas de lactación. El ensilado de 9.8 MJ Kg⁻¹ MS. La pequeña respuesta de sólidos de leche se dio durante las semanas 3-7 de lactación junto con altas tasas de sustitución de forraje por concentrado. (Cuadro 15)

Cuadro 15. Efecto del nivel de suplementación con concentrados en las diferentes etapas de lactación

.Lactación (semanas)	Nivel de concentrados (Kg MS día)	R (Kg ensilado MS Kg concentrado)	Respuesta de leche Kg concentrado MS	Respuesta Grasa+ Proteína Kg MS de concentrado	Balace energético* (MJ día)
3-7	6.1 9.3	-0.06	+ 0.35	+ 0.028	-20 -8
8-12	6.2 9.3	-0.411	+1.16	+0.066	-12 +2
13-17	6.2 9.3	-0.39	+1.29	+0.081	-9 +1
18-22	6.2 9.3	-0.29	+1.06	+0.068	+2 +17

Balace energético= consumo de EM para mantenimiento y producción Manson (1986)

La tasa de sustitución continúa disminuyendo con el tiempo y los grandes rendimientos de leche y sólidos de leche se dieron en la semana 13-17. La respuesta en el balance de energía fue uniforme a través de un promedio + 4.0 MJ Kg⁻¹ concentrado.

2.21 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-acídico, 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.

2.22 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 los 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 *et al.*, 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.

2.23 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).

2.24 Nitrógeno uréico en leche

El nitrógeno uréico 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 17% (Roseler *et al.*, 1993).

La urea es el principal componente del nitrógeno no proteico de la leche y representa entre el 35% (Kuzdzal-Savoe *et al.*, 1980). Según otro trabajo puede oscilar entre 20 y 75% (Kaufmann, 1982). Esta gran variación en la proporción de

nitrógeno no proteico de la leche bajo forma de urea es debida a que su concentración varía en función del animal (Ropstad *et al.*, 1989), de la raza, numero de lactaciones y de la estación del año con valores superiores durante el verano (Schepers y Meijer, 1998).

Las dietas que aportan mayores niveles de proteína de lo que requiere el animal para sus procesos de mantenimiento y producción, tienden a presentar niveles altos de NUL debido, por una parte, a mayor degradación de la proteína en el rumen, mayor producción de amoniaco y mayor conversión de amoniaco 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 *et al.*, 1982).

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

Hoff *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 amoniaco 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), sugieren valores de 15 mg/dl. Hutjens (1997), recomienda niveles inferiores a 20 mg/dl en leche 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).

A partir de lo anterior es posible que las necesidades de PC de las vacas de Zacazonapan, sean menores al 14% de PC, por lo tanto se planteó el objetivo de determinar la respuesta productiva y económica al uso de suplementos con tres niveles de proteína cruda (10, 11 y 12%), en la época de secas en vacas en lactación en un sistema de doble propósito en el Municipio de Zacazonapan Estado de México, como una alternativa para reducir costos de producción de leche, así como de reducir los niveles de NUL.

III. Justificación

La producción de bovinos de doble propósito es una actividad muy importante en el Municipio de Zacazonapan. Pero su gran limitante es que la época de secas que (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 a sus animales en cantidades que oscilan entre 4 y 9 kg vaca/día. El suplemento 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 secas se ha determinado en \$4.40, siendo mayor al precio por litro pagado al productor. De los costos totales de producción, los concentrados representan el 44 y 42% de los costos totales de producción (Esparza, 2012).

Por lo tanto se planteó el objetivo de determinar la respuesta productiva y económica al uso de suplementos con tres niveles de proteína cruda (10, 11 y 12%), en la época de secas en vacas en lactación en un sistema de doble propósito en el Municipio de Zacazonapan Estado de México, como una alternativa para reducir costos de producción de leche, así como de reducir los niveles de NUL.

IV. Hipótesis

Diferentes niveles de proteína cruda en suplementos consumidos por vacas en la primera mitad de lactación afectan los rendimientos diarios de leche, grasa, proteína, peso vivo y condición corporal, así como el costo de producción de 1 L de leche.

V. Objetivos

5.1 Objetivo general

Determinar la respuesta productiva y económica al uso de suplementos con tres niveles de proteína cruda (100, 110, 120 g/kg/MS) en vacas en lactación durante la época de estiaje, en un hato doble propósito en Zacazonapan, Estado de México.

5.2 Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento de leche, composición de la leche, peso corporal y condición corporal, utilizando suplementos con tres niveles de proteína cruda (100, 110, 120 g/kg/MS), en vacas en lactación durante la época de estiaje en un hato doble propósito en Zacazonapan, Estado de México.
- Determinar los niveles de nitrógeno uréico en leche.
- Determinar el costo de producción de 1 L de leche considerando únicamente costos directos tales como costo del suplemento, mano de obra contratada y combustible.

VI. Metodología

6.1 Ubicación de la zona de estudio

El estudio se realizó en la época de estiaje (meses marzo, abril, mayo y junio) del año 2012, en un hato de bovinos de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, ubicado al suroeste del Estado de México, teniendo un clima cálido sub-húmedo, una altura de 1,470 m, con una temperatura media anual de 23° C (31°C máxima y 15°C mínima) y, una precipitación anual de 1,800 mm (EEM, 2005).

6.2 Unidades experimentales y tratamientos

Del hato de 25 vacas se escogieron 18 vacas de la raza Pardo Suizo múltiparas similares en peso vivo (peso promedio de 400 ± 50 kg), número de parto (promedio 3.3 partos), días de lactación (promedio 115 ± 33) y condición corporal (1.5), las cuales fueron agrupadas al azar en tres grupos (6 vacas por grupo), para recibir al azar uno de los tres tratamientos de forma continua durante 97 días (del 16 de marzo al 21 de junio), dividido en cinco periodos experimentales de dos semanas cada uno, con dos semanas de acostumbramiento a la dieta previos al primer periodo de muestreo.

Los grupos fueron asignados al azar a los tres tratamientos (suplementos) (5 kg/vaca/día base fresca), los cuales consistieron en niveles de (100, 110 y 120 g/kg/MS) de proteína cruda. Los suplementos fueron hechos con maíz mazorca, pasta de soya y urea, variando el contenido de cada ingrediente para ajustar el contenido de proteína cruda deseado. En el (cuadro 16) se presenta la composición química de los suplementos.

Cuadro 16. Composición química de los suplementos utilizados en los tratamientos 100, 110 y 120 g/kg/MS de proteína cruda.

Contenido de PC	MO	PC	FDN	FDA	EM
100	941.2	104.0	318.1	114.7	12.7
110	968.3	114.4	292.9	110.8	12.3
120	983.0	120.1	267.2	108.2	12.4

Las variables de respuesta animal fueron las siguientes: rendimientos de leche (kg/vaca/día), composición de leche grasa y proteína (g/kg), peso vivo (kg) y condición corporal (escala de 1 a 5 pts). Estas variables de respuesta se registraron durante dos días seguidos durante la última semana de cada periodo experimental. El peso vivo de los animales se determinó mediante una báscula electrónica portátil de la marca Gallagher®.

La composición de leche se analizó dentro de las tres primeras horas después de obtenida la muestra mediante el equipo portátil LACTOSCAN MILK ANALYZER®. Una vez concluida la ordeña se tomaron las muestras de leche durante el vaciado de la cubeta y fueron conservadas con refrigerantes en un termo hasta la determinación de la composición.

Posterior al análisis de la leche las muestras fueron conservadas a -20 °C para la posterior determinación de nitrógeno uréico en leche (NUL). Las determinaciones de NUL se realizaron mediante la técnica de colorimetría enzimática descrita por Chaney y Marbach (1962), en el Laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR).

6.3 Masa herbácea

Durante la segunda semana de cada periodo experimental se siguieron en el potrero seis vacas participantes en el experimento elegidas al azar, con el objetivo de determinar la masa herbácea disponible en las áreas de pastoreo, colocando un cuadrante metálico (0,5 x 0,5) adyacente al área de pastoreo. Se tomaron 5

cuadrantes por periodo experimental, dentro de los cuales se cortó el forraje dentro a ras de suelo con unas tijeras de esquila. A partir de lo anterior, se determinó masa herbácea (kg/MS/ha), así como la cantidad de forraje verde y forraje seco.

Las muestras se colocaron en bolsas de papel y se pesaron en fresco, para ser desecadas a 60°C por 48 horas para la determinación de materia seca por hectárea (kg/MS/ha).

6.4. Requerimientos de las vacas

Los requerimientos de consumo de materia seca y de energía de las vacas se estimaron mediante las formulas sugeridas por el AFRC (1993).

De acuerdo a las fórmulas del AFRC (1993) los requerimientos de las vacas de consumo voluntario de materia seca (kg/MS/día) y de energía metabolizable (MJ EM), se observan en el (cuadro 17).

Cuadro 17. Requerimientos de consumo de materia seca y de energía metabolizable de las vacas utilizadas en el experimento.

Requerimientos	
Materia seca (kg/MS/día)	8.4
Energía Metabolizable (MJ EM/día)	99.0

6.4 Análisis económico

El análisis económico se realizó únicamente considerando los costos por el suplemento, combustible y mano de obra contratada. No se consideraron costos de oportunidad de mano de obra familiar, forraje de los potreros u otros.

El costo por kg de los ingredientes de los suplementos fue de la siguiente manera: maíz-mazorca \$3.5/kg, pasta de soya \$7.0/kg y urea \$7/kg, incluidos en las dietas en proporciones diferentes para ajustar los niveles de PC a los niveles deseados. Los niveles de inclusión de maíz-mazorca oscilaron entre 90 y 92%, de pasta de soya entre 12 y 11% y de urea fueron de 0.014 g/kg en base fresca para todos los casos.

6.4 Diseño experimental

Las vacas fueron asignadas al azar a los tratamientos 120, 110 y 100 con 120, 110 y 100 g/kg/MS de PC, respectivamente. Las variables de respuesta leche (kg/día), composición de leche grasa y proteína (g/kg), NUL (mg/dl), peso vivo (kg), y condición corporal, analizadas como mediciones repetidas utilizando el programa GLM del paquete estadístico SAS (2002), donde los factores fueron tratamientos y periodos experimentales.

$$Y_{ij} = \mu + TX_i + PE_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ = Media general

TX_i = Efecto del tratamiento ($i = 100, 110$ y 120 g/kg/MS de PC)

PE_j = Efecto del periodo experimental ($j = 1, 2, \dots, 5$)

ε_{ij} = Error

Cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos se realizó la comparación múltiple entre medias mediante la prueba de Tukey utilizando el paquete estadístico SAS, dentro del procedimiento GLM.

VI. Resultados

Masa herbácea

En el cuadro 18., se observa la masa herbácea presente en cada uno de los periodos experimentales (PE). El promedio de MH presente en las áreas de pastoreo fue de 1,882 kg/MS/ha, de los cuales el 36% correspondió a material verde y 64% a material muerto.

A partir de la masa herbácea presente durante el pastoreo de los animales se puede determinar que

Cuadro 18. Masa herbácea total, masa herbácea viva y masa herbácea muerta presente en las áreas de pastoreo por periodo experimental durante la época de estiaje en una unidad de producción de Zacazonapan, Estado de México.

Periodo	MH Presente (kg/MS/ha)	MH Vivo (kg/MS/ha)	MH Muerto (kg/MS/ha)
PE1	848	611	237
PE2	3,904	519	3,385
PE3	1,792	399	1,394
PE4	1,208	759	448
PE5	1,656	1,142	514
Promedio/PE	1,882	686	1,196

En el cuadro 19., se observa la composición química de la pradera en cada uno de los periodos experimentales.

Cuadro 19. Composición química de la pradera por periodo experimental (g/kg/MO)

	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	Promedio
MO	961.9	954.7	958.3	957	960	959.4
PC	74.7	71.7	73.2	55.9	56.2	66.3
FDN	629.2	635.8	641.9	685.3	670.2	652.5
FDA	352.8	357.9	360.1	369.6	368.6	361.8

El promedio de contenido de materia orgánica fue de 959.4, mientras que el promedio para PC fue de 66.3 g/kg/MO, y de 652.5 y 361.8 g/kg/MO de FDN y FDA, respectivamente.

En general la composición química es baja para mantener niveles adecuados de producción. Por lo que se justifica la recomendación de suplementar proteína cruda en los suplementos.

Respuesta animal

En el cuadro 20 se observa el efecto de los diferentes niveles de PC en los suplementos sobre las variables de respuesta animal. Los rendimientos de leche fueron estadísticamente diferentes ($P = 0.002$), siendo menores para las vacas que recibieron el suplemento con 100 g/kg/MS de PC. Mientras que los rendimientos de leche de vacas que recibieron el suplemento de 120 g/kg de PC fueron estadísticamente iguales a los del tratamiento 110 g/kg pero diferentes a los de 100 g/kg/MS.

Los contenidos de grasa fueron estadísticamente diferentes entre los tratamientos, comportándose de la misma manera que en producción de leche. Estadísticamente los menores niveles de grasa se obtuvieron en las vacas que recibieron el tratamiento con 100g/kg/MS de PC, siendo estadísticamente similar a los rendimientos de suplemento con 110 g/kg/MS de PC. A su vez, las vacas que recibieron el suplemento con 120 g/kg/MS de PC registraron mayores niveles de grasa g/kg de leche siendo estadísticamente iguales a los niveles registrados con el tratamiento 110, pero diferentes a los del tratamiento con 100g/kg/MS de PC.

Los niveles de proteína en leche no fueron diferentes entre los diferentes suplementos ($P > 0.5$), los cuales resultan ser bajos para los valores normales de leche reportados para ganado de la raza Pardo Suizo, así como a los reportados por Hernández-Morales *et al.*(2011). De igual forma los niveles de NUL no fueron estadísticamente diferentes ($P = 0.92$).

Cuadro 20. Respuesta animal a los suplementos con 100, 110 y 120 g/kg/MS de proteína cruda.

	Proteína cruda			P=	RCME
	100	110	120		
Leche	5.4 ^a	5.8 ^{ab}	6.4 ^b	0.002	1.03
Grasa (g/kg)	30.8 ^a	37.0 ^{ab}	37.8 ^b	0.01	9.75
Proteína (g/kg)	30.5	28.4	28.8	0.50	3.4
NUL (mg/dl)	13.8	14.4	13.7	0.92	5.7
Peso (kg)	394.0 ^a	443.2 ^b	400.0 ^a	0.005	47.2
CC	1.59	1.46	1.49	0.72	0.17

Los diferentes niveles de PC en la dieta tuvieron un efecto significativo sobre el peso de los animales, el suplemento con 110 g/kg/MS de PC fue estadísticamente superior ($P = 0.005$) que los tratamientos 100 y 120g/kg/MS de PC, siendo estos dos similares entre sí.

La condición corporal de los animales fue baja no existiendo diferencias significativas entre los animales que recibieron los diferentes suplementos ($P = 0.72$).

En el (cuadro 21) se observa el efecto de los periodos experimentales (PE) sobre las variables de respuesta. Los rendimientos de leche fueron estadísticamente diferentes ($P = 0.002$), registrándose los mayores rendimientos en los periodos 1, 4 y 5.

Cuadro 21. Efecto del periodo experimental (PE) sobre las variables de repuesta animal

	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	P=	RCME
Leche	5.6 ^{ab}	5.5 ^b	5.1 ^b	6.0 ^a	6.7 ^a	0.002	0.003
Grasa (g/kg)	31.6	34.4	37.4	38.7	37.0	0.40	0.14
Proteína (g/kg)	30.5	30.8	29.7	30.3	31.0	0.23	0.02
NUL (mg/dl)	4.4 ^a	12.3 ^{ab}	22.2 ^c	16.7 ^{bc}	14.0 ^b	0.0001	5.7
Peso (kg)	415.7	398.1	426.6	406.5	399.3	0.69	0.86
CC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.049	0.47

Literales diferentes en hileras indican diferencia estadística; PE= periodo experimental 1,2...5;RCME= raíz del cuadrado medio del error; CC= Condición corporal (1-5).

No existieron diferencias significativas para los contenidos de grasa y proteína en leche. Los contenidos de grasa y proteína en leche fueron en promedio 35.8 y 30.5 g/kg, respectivamente; siendo los primeros mayores, y los segundos similares a

los valores promedio para estos componentes en la misma región y época que los reportados Hernández-Morales *et al.* (2011) que fueron de 26.7 y 30.6, para grasa y proteína, respectivamente.

Los contenidos de NUL para PE fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.01$) (Cuadro 21). Los menores niveles se encontraron en los PE 1 y 2, alcanzando el máximo en el PE3, para disminuir presentando valores similares entre los PE 2,4 y 5. En promedio los niveles de NUL fueron de 13.9 mg/dl, los cuales son menores a los reportados por Esparza (2012) en el mismo hato, que promediaron 25.1 mg/dl, lo cual se debe a que los suplementos en éste estudio contenían menores niveles de proteína cruda que los utilizados por el autor (100, 110 y 120 g/kg/MS vs 140 y 160 g/kg/MS de PC).

En el trabajo de Esparza (2012), se utilizaron dos suplementos que contenían 50% de concentrado comercial (Ccom) (Genera Leche Purina ® con 18% de PC), mientras que el tercer suplemento consistió en el 100% de concentrado comercial. Este último fue el suplemento que mayor nivel de NUL (29.7 mg/dl) produjo en leche, mientras que los suplementos que solo contenían 50% de Ccom contenían 23.4 y 22.4 mg/dl. Lo que puede sugerir que las fuentes de nitrógeno del Ccom ocasionan una mayor excreción de nitrógeno vía leche, y por lo tanto vía orina y heces, ya que existe una alta correlación entre estos y los niveles de NUL.

El menor contenido de PC en los suplementos usados en éste estudio resulta en menores niveles de NUL, y por consiguiente en beneficios para el productor en términos de menores gastos por compra de fuentes de proteína para los suplementos. Menores niveles de NUL indican una mejor eficiencia del uso del nitrógeno que entra al organismo animal, esto implica que la proteína que es el ingrediente de la dieta más caro, se usa de forma eficiente. Además, menores niveles de NUL indican que existe una menor excreción de nitrógeno al medio ambiente, aspecto muy importante a considerar en sistemas pecuarios donde existe una alta concentración de animales.

Costos de producción

En el Cuadro 22, se observa el análisis económico de la respuesta en producción de leche a los diferentes niveles de proteína cruda en los suplementos. Para el cálculo del costo de producción únicamente se consideraron las erogaciones hechas por el productor tales como: costo suplementos, mano de obra contratada, y combustible. No se consideraron costos de oportunidad por concepto de mano de obra familiar o costo de forrajes ya que en realidad el productor no hace éstas erogaciones. Por lo tanto, el costo de los suplementos fue de \$3.7, \$3.8 y \$3.9 /kg/MS, para 100, 110 y 120 de PC, respectivamente.

El costo por litro de leche fue de \$5.2, \$4.9 y \$4.5, para los tratamientos con 100, 110 y 120 g/kg/MS de PC; mientras que el precio pagado al productor fue de \$6.0, lo que implica una ganancia de \$0.8, \$1.1 y \$1.5, para los tratamientos con 100, 110 y 120g/kg/MS de PC, respectivamente.

Cuadro 22. Análisis económico de la producción de leche utilizando suplementos con tres niveles de proteína cruda en la época de secas

	Niveles de proteína cruda en suplemento (g/kg/MS)		
	100	110	120
Vacas por tratamiento	6	6	6
Suplemento (kg/vaca/día)	5	5	5
Periodo (días)	97	97	97
Total kg suplemento por tratamiento	2,910	2,910	2,910
Costo por kg de suplemento	\$3.71	\$3.81	\$3.91
Costo total por tratamiento por concepto suplemento	\$10,796	\$11,087	\$11,378
Combustible	\$1,293	\$1,293	\$1,293
Mano de obra contratada	\$4,157	\$4,157	\$4,157
Costo total de producción	\$16,246.00	\$16,537.00	\$16,828.00
Producción leche (kg/vaca/día)	5.4	5.8	6.4
Producción total de leche por tratamiento (kg)	3,143	3,376	3,725
Precio de venta de leche (\$/kg)	\$6.00	\$6.00	\$6.00
Ingresos por venta de leche	\$18,857	\$20,254	\$22,349
Margen neto de ganancia	\$2,611	\$3,717	\$5,521
Costo de producción de leche (\$/kg)	\$5.17	\$4.90	\$4.52

Albarrán *et al.* (2009), reportaron para una muestra de 10 productores de leche en Zacazonapan, que por cada litro producido los productores perdían \$0.4, en la época de secas; sólo que en este caso sí se consideraron costos de oportunidad de mano de obra familiar, depreciación de instalaciones y maquinaria entre otros costos, por lo que si se descuentan éstos costos el costo de producción será favorable.

Las vacas que recibieron el suplemento con 120 g/kg/MS de PC registraron mayores rendimientos productivos, y no obstante el mayor costo del kg de suplemento, el margen de ganancia por litro de leche producido en éste tratamiento fue 44% mayor que en el tratamiento con 100 g/kg/MS de PC y, 26% mayor que el litro de leche producido en el tratamiento de 110 g/kg/MS de PC.

En el cuadro 23 se observa la estructura del costo de producción de un litro de leche, en el que se observa que la alimentación representa el 66% del costo de producción. En segundo lugar se observa que la mano de obra (contratada y familiar) representa el 26% del costo de producción. Por tanto, estos son los dos rubros más importantes en los que se debe trabajar para desarrollar sistemas de producción sustentables en el aspecto económico.

Cuadro 23. Estructura del costo de producción de un litro de leche

Rubro	
Alimentación	0.66
Mano de obra contratada	0.26
Combustible	0.08
Total	1.0

Conclusiones

Los mayores niveles de producción de leche se obtuvieron en las vacas que recibieron el suplemento con 12% de PC.

Los niveles de NUL fueron bajos en relación a los valores promedio reportados para la zona en estudios previos, siendo menores al valor promedio reportado en la literatura.

El suplemento con 12% de PC, permitió tener un margen mayor de ganancia por cada litro de leche producido (\$1.5).

VIII. Referencias

- AFRC. (1993). "Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes". *CAB International*, Editorial Acribia, España
- Albarrán P. B., Salas. R. I. G., Esparza J. S., Hernández M. J., Rebollar R. S., García M. A. (2009). *Caracterización Socioeconómica de un sistema de producción de doble propósito en el sur del Estado de México*. Coordinadores Beatriz A. Cavalloti Vázquez, Carlos F. Marcof, Álvarez, Benito Ramírez Valverde. En *Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis*. Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp.179-190.
- Améndola, MRD, Martínez, CM. (1998) Digestibilidad in situ de variedades de ballico perenne (*Lolium perenne L.*) y trébol blanco (*Trifolium repens L.*). Memorias de la XXXIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Reunión Científica. 1998 Octubre 27-31; Querétaro, Querétaro. México p 42.
- Arriaga J, C. M., Espinoza O. A., Albarrán P, B., García M. A., Ruiz A. M., Heredia N. D., Guadarrama E. J., y Castelán O. O. (2006). *Desempeño económico de estrategias de alimentación de ganado lechero en sistemas campesinos del altiplano central de México*. *Ganadería, Desarrollo Sustentable y Combate a la Pobreza: Los grandes Retos*. 7ª Reunión Nacional. Eds. Cavallotti V, B.A., Hernández M, M., y Ramírez. Universidad Autónoma Chapingo.
- Arroyo, P.E.J.L. (1999): Zacazonapan. Monografía municipal. Instituto Mexiquense de la cultura.
- Aumont, G.; Caudron, I.; Saminadin, G.; Xande, A. (1995): Sources of variation in nutritive values of tropical forages from the Caribbean. *Animal Feed Science*. 51: 1-13.
- Bodgan, V. A. (1997): *Pastos tropicales y pastos de forraje*. Primera edición en español. Ed. AGT.
- Buchanan-Smith, JG. (1990) an investigation into palatability as a factor responsible for reduced intake of intake of silage by sheep. *Animal Production*, 50: 253-260.
- Burns JC. Pond KR. Fisher DS. (1992) Measurement of forage intake. En: G.C. Fahey, Jr. et al (eds.) *Forage Quality Evaluation and Utilization*. ASA, SSSC, Maddison, Wisconsin, USA. 494-532.

- Cantú, E. F. (1989): Apuntes de cultivos forrajeros departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Torreón, Coahuila, México.
- Castillo, A. R., Kebreab, E. Beever, D. E., Barbi J. H., Sutton, H., Kirby, C. y France, F.(2001) The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *Journal of Animal Science*. 79: 247-253.
- Chamberlain, DG. Robertson S. Martin PA. Jackson DA. (1990) The effects of the addition of a mixture of ammonium salt of methanoic and propanoic acids and octanoic acid at ensiling on the nutritional value of silage for milk production. *Proceeding of the ninth silage conference, Newcastle -upon-Tyne* 120-121.
- Chaney, A.L., Marbach, E.P. (1962). "Modified reagents for determination of urea and ammonia". *Clinical Chemistry*. 8:130-132.
- Church, DC. Pond WG.(1990). *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. Nueva Ed. Noriega, Limusa. México, D. F.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (2004): Annual Report 200. Project IP-5. Tropical Grasses and Legumes: Optimizing genetic diversity for multipurpose use. p. 24-26.
- 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.
- Devendra, C.; Mc Leroy, G. B. (1982): *Producción de cabras y ovejas en los trópicos*. Trop. Agric. Series, Longman Pp. 271
- Donald, L., Edmundo, L. A. (1981): *Fundamento del manejo de los Pastizales*, Ed. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Nuevo León, México. 35-102
- Emm. (2005). "Enciclopedia de los municipios de México". Estado de México, (en línea) *Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de México*. [En línea] Disponible en http://www.e-local.gob.mx/wb2/elocal/emm_mexico (Consultada el 18 de septiembre de 2012).
- Elizondo, J., Boschini, C. (2003): Valoración nutricional de dos variedades de maíz usadas en la producción de forraje para bovinos. *Pastos y Forrajes*, 26: 347-353.
- Esparza J, S. (2012). *Respuesta productiva y económica de la suplementación en vacas doble propósito en Zacazonapan, Estado de México*. Tesis de

maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.

Espinoza O. A., Espinoza A. E., Bastida L. J., Castañeda M. T., Arriaga J. C. M. (2007). "Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspect and their impact on poverty", *Experimental Agriculture*,43,241-256.

Fao (2010). "situación de la lechería en américa latina y el caribe" *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. [En línea]. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Dairy/Documents/Paper_Lecher%C3%ADa_AmLatina_2011.pdf. (Obtenido el 7 de septiembre de 2012).

Fao (2011). "situación de la lechería en américa latina y el caribe" *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. [En línea]. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Dairy/Documents/Paper_Lecher%C3%ADa_AmLatina_2011.pdf. (Obtenido el 7 de septiembre de 2012).

Ferrer R. Petit M. D'hour P. (1995) The effect of sward height on grazing behaviour and herbage intake of three sizes of charolais cattle grazing cocksfoot (*Dactylis glomerata*) swards. *Animal Science*.;61:497-506.

Ferguson J. (1992). " Niveles de urea láctea en vacas de la región bio-bio, Chile". [En línea] Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S036528072006000300005&script=sci_arttext. (Consultado el 3 de septiembre de 2012).

Figuroa, S. A. M.; (2010) Tesis en prensa. Caracterización de praderas utilizadas para la alimentación de ganado bovino doble propósito en el municipio de Zacazonapan, Estado de México.

Fisher GEJ. Dowdeswell AM.(1995). The performance of summer calving cows grazing perennial ryegrass sward. *Grass and Forage Science*.; 50:315-323.

Flores, D. R., (1988): *Bromatología Animal*, Tercera edición, Ed. Trillas, México.

Foldager J. Haarbo K. (1994) Effect of breed and feeding intensity during rearing on the feed intake capacity of first lactation dairy cows. *Livestock Production Science*; 39:39-42.

Forbes JM.(1995) *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK. CAB International.

- Frame J. Improved grassland management. Wharfedale Road, Ipswich Ip1 4Lg, UK. Farming Press. 1994.
- Freer M. (1981) The control of food intake by grazing animals. En: F.H.W. Morely (ed.), *Grazing Animals*. World Animal Science, B1, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.; 105-120.
- García L. A. (1996). "Las importaciones mexicanas de leche descremada en polvo en el contexto del mercado mundial y regional". 2 ed. *Universidad Autónoma Metropolitana*, México.
- Guiot, G. J. D. (2010): Pasturas de América. <http://www.pasturasdeamerica.org/index.php/Relatos/Mexico/Brachiaria>.
- Hameleers, A. (1982) The effects of the inclusion of maize silage, fermented whole crop wheat or urea-treated whole crop wheat in a diet based on high-quality grass silage on the performance of dairy cows. *Grass and Forage Science*, 1998; 53:157-163.
- Hanley T. A. The nutritional basis for food selection by ungulates. *J. Range Manage.* 38 (4): 305-311.
- Hernández, S. R.; Jaime, O. P.; Régul, J. G.; Elías, H. (2005): Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Revista Electrónica REDVET*. <http://www.Veterinaria.org/revista/redvet/n050505.html>.
- Hernández, V. J. O. (1995): Determinación de la presión de pastoreo óptima, en el crecimiento y rendimiento del pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). Master's thesis in Sciences, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco, Mexico, 91 p.
- Hernández, M.C., Hernández Montes, A., Villegas de Gante, A.Z., Aguirre Mandujano, E., (2011). "El proceso socio-técnico de producción de Ques o añejo de Zacazonapan, Estado de México". *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria*. 2:161-176.
- Herrero M. Dent JB. Fawcett RH. (1998). The plant-animal interface in models of grazing systems. In: *Agricultural Systems Modelling and Simulation*. Currie B and Peart R. (editors). Marcel Dekker, NY: 495-542.
- Hodgson J. (1994) Manejo de pastos. Teoría y práctica. México, D.F.: Editorial Diana,.
- Holmes W. (1989) Grass its production and utilization. British Grassland Society. Blackwell Scientific Publications. UK..
- I Homan, S. (1996): The nutritive value of tropical grasses and their, constitutens as measured by the in vitro gas production technique. Institute of Ecology

and Resource Management. Thesis degree of BCS in agriculture. University of Edinburg, Edinburg.

Hopkins, A. (2000): Grass Its production and utilization, 3era edition Published for the British grassland society by Blackwell Scientific Publications. UK.

Humphreys, L. S. (1991): Tropical pasture utilization. Cambridge University Press. Breat Britain. Pp 206.

Jackson, DA. Johnson CL. Forbes JM. (1991). The effect of composition and silage characteristics on silage, feeding behavior, production of milk and live-weight change in lactation dairy cows. *Animal Production*,; 52: 11-19.

Jiménez P., F. S., Salas R, I. G., Gonzales R. M., García M. A., Arriaga J. C. M., Albarrán P. B. (2012). "Desarrollo de estrategias de suplementación para vacas en lactación en la época de secas en un sistema de doble propósito en Zacazonapan, Estado de México". [Memoria]de la *VI Reunión nacional sobre sistemas agro silvopastoriles hacia una ganadería sustentable*. Veracruz. Del 11 al 14 de julio de 2012.

Keady, TWJ. Mayne CS.(1998) The effects of concentrate energy source on silage feeding behaviour and energy utilization by lactating dairy cows offered grass silages with differing intake characteristics. *Animal Science*, 67: 225-236.

Krysl LJ. Hess BW.(1993) Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *Journal of Animal Science*; 71:2546-2555.

Kuzdzal, S.(1980). " variaciones estacionales de los triacilglicéridos en la grasa de leche de bovinos".[en línea] disponible http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?id=S0304-88022001000200005&script=sci_arttext(obtenido el 9 de agosto de 2012).

Lactodata (2011)."Comité nacional del sistema producto bovinos leche". [En línea]disponible en www.lechemexico.org.mx/lactodata/leche/index.php.(Obtenido el 5 de agosto de 2012).

Leaver, J. D. (1985) Effects of supplements of herbage intake and performance. In: Frame J, Editor. *Grazing. Occasional Symposium No. 19*, British Grassland Society: 79-88.

Leaver, J. D. ((1982) Grass height as an indicator for supplementary feeding of continuously stocked dairy cows. *Grass and Forage Science* 37, 285-90.

Leaver, J. D., Hill J.(1995). The performance of dairy cows offered ensiled whole crop wheat urea-treated whole crop wheat or sodium hidroxide treated

- wheat grain and wheat straw in mixture with grass silage. *Animal Science*, 61: 481-489.
- Leaver JD. (1985). Effects of supplements of herbage intake and performance. In: Frame J, editor. *Grazing*. British Grassland Society, 79-88.
- López, G. F.; Estrada, F. J. G.; Avilés, N. F.; Yong, A. P.; Hernández, M. P.; Martínez, L. R.; Pedraza, B. P. E.; Castelán, O. O. A. (2009): Evaluación agronómica y composición química del pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) en el sur del estado de México. 12:
- Manuales para la Educación Agropecuaria. (1982): Cultivos forrajeros, Ed. Trillas, México.
- Martínez, V. L. H. (2002): Evaluación de Comportamiento al Pastoreo de Vacas Lecheras, bajo Diferentes Estrategias de Pastoreo en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala en el Valle de Toluca Estado de México. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México. 25-45.
- Mayne, C., Thomas, C. (1996). "comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación con concentrado". [en línea] disponible http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0365-28072002000100009. (Obtenido el 29 de agosto de 2012).
- McDonald, P. Edwards RA. Greenhalgh JFD. (1987). *Animal Nutrition*. English Language Book Society/Longman, UK.
- Meijs JAC. (1981). *Herbage intake by dairy cows*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, UK.
- Mertens DR. (1994). Regulation of forage intake. En: Fahey JR et al (eds), *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. ASA, CSSA, SSSC, Madison, Wisconsin, USA.:450-493.
- Minson, J. D. (1990): *Forage in ruminant nutrition*. Academy press, New York. P 483
- Mosqueda, LR, González RA. (1998). Effect of annual stocking rate in grass and maize+rye systems on production by dairy cows. *Grass and Forage Science*; 53: 95-108.
- Mould, FL. Orskov, ER., Mann, SO. (1983-1984). Associative effects of mixed feeds. 1. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. *Animal Feed Science and Technology*, 10: 15-30.

- Muslera, D. E.; Ratera, G. C. (1991): Praderas y forrajes, Producción y Aprovechamiento, Segunda edición. Mundi-Prensa, Madrid, España. 23-443.
- Nicholson, C., Blake R.W., Lee D.R. (1995). "Livestock, deforestation and policymaking: intensification of cattle production systems" in *Central America revisited. J. Dairy Sci.* 78:719-726.
- Nicholson, C. (1998). "Intensificación de sistemas de producción bovina en los trópicos" Eds. L. Vaccaro y A. Pérez. En: El desarrollo de la producción de leche en América Latina tropical: su impacto social y ambiental. *Arch Latinoam. Prod. Anim.* 6:1-18.
- Odermatt, P. (1993). "Ventajas comparativas e incentivos políticos a la producción de leche en México" La Comarca Lagunera, Altos de Jalisco y Veracruz.
- Orozco M. (1990). efecto del tipo de pradera sobre la producción de vacas Holstein en pastoreo continuo intensivo en época de primavera (tesis de licenciatura). Toluca, Edo. de Méx. México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Ortiz Rodea, A., García Martínez, A., Rojo Rubio, R., Esparza Jiménez, S., Albarrán Portillo, B. (2010). *Caracterización socioeconómica del sistema de producción bovino de Zacazonapan. En: Los grandes retos para la ganadería: Hambre, Pobreza y Crisis Ambiental. Capítulo 3: La ganadería y su contribución al desarrollo territorial.* Coordinadores: Beatriz A. Cavallotti Vázquez. Carlos F. Marcof Álvarez y Benito Ramírez Valverde. Editorial Universidad Autónoma Chapingo., pp. 191-202.
- Osorio, A. M. M. (1998). "Caracterización de los sistemas bovinos de doble propósito en el trópico. Observaciones sobre el comportamiento productivo de grupos raciales". [Memoria]. *Cuarto foro de análisis de los recursos genéticos: Ganadería bovina de doble propósito.* Villahermosa, Tabasco, México. p. 8-28.
- Parson, A J.; Leafe, E. L.; Collet, B. S. (1983): The physiology of grass production under grazing. 1 Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed sward. *Journal Applied Ecology* 20:117 – 136.
- Parson A. J. y Chapman, D.F. (1995). Principles of grass growth and pastures utilization. En Cherney J. H. & Cherney D. J. R. (eds) *Grass for Dairy Cattle*, 283-310. CAB Internacional Wallingford..
- Persaud P. Simm G. Neilson R. Parkinson H. McGuirk B.J. (1991). Prediction food intake in dairy heifers from early lactation records. *Animal Production.*; 52:421-434.

- Phillips CJC. James NL. (1998). The effects of including white clover in perennial ryegrass swards and the height of mixed swards on the milk production, swards selection and ingestive behaviour of dairy cows. *Animal Science*. 67:195-202.
- Phillips C. (2001). "Principles of cattle production". *CABI publishing*. Londres, Inglaterra. 288pp.
- Phipps, RH., Weller Rf., Rook, AJ. (1992). Forage mixtures for dairy cows: the effect on dry matter intake and milk production of incorporating different proportions of maize silage into diets based on grass silages of differing energy value. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 118: 379-382.
- Popp JD. McCaughey WP. Cohen RDH. (1997). Effect of grazing system, stocking rate and season of use on herbage intake and grazing behaviour of stoker cattle grazing alfalfa-grass pastures. *Canadian Journal of Animal Science.*; 77:677-682.
- Pulido, R., Cerda M., Stehurb W. (1999). "Efecto del tipo de concentrado sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras en pastoreo primaveral". *arch.med,vet*.31(2):177-187.
- Quintanar, G. E.; Domínguez, V. I. A. (1988): Evaluación de una Pradera de Ballico perenne (*Lolium perenne*) bajo Pastoreo Continuo Intensivo por Vacas Lecheras en Primavera-Verano. Tesis de Licenciatura de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México. 39-73.
- Rodríguez, L. R.; Rodríguez, F. J. D. (1987): Ecofisiología de plantas forrageras. Ecofisiología de producto agrícola. Piracicaba: POTAFOS. p. 201-230.
- Román, P. H. (2001). "El papel de los GGAVATT como mecanismos de transferencia de tecnología". [Memorias]. *XXIX Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. UAT, AMPA, GT, UAMAC, VT, COTACYT, CONARGEN, CNM, IICA, SAGARPA. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. p. 14-20.
- Romero, N. R.; Febres, O. A.; González, B. (2004): Efecto de la adición de urea sobre la composición química y la digestibilidad in vitro de la materia seca de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick cosechado a diferentes edades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 12:52-58.
- Rook AJ. Huckle CA. Wilkins RJ. (1994). The effects of sward height and concentrate supplementation on the performance of sprong calving dairy cows grazing perennial ryegrass-white clover swards.; 58: 167-172.

- Sagarpa (2005). "Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación". *Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), situación actual y perspectivas de la producción de leche en México2005*. [en línea]. Disponible en <http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/SAGARPA/PerspectivaLeche2005.pdf> (Obtenido el 10 de septiembre de 2012).
- Sagarpa (2008). "Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación". *Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), situación actual y perspectivas de la producción de leche en México2008*. [en línea]. Disponible en <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/preve-la-sagarpa-produccion-de-leche-de-10587-millones-de-litros-para-2008/>. (Obtenido el 11 de septiembre de 2012)
- Sagarpa (2010). "Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación". *Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), situación actual y perspectivas de la producción de leche en México2010*. [en línea]. Disponible en www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf (Obtenido el 10 de septiembre de 2012).
- Sagarpa (2011). "Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación". *Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), situación actual y perspectivas de la producción de leche en México2011*. [en línea]. Disponible en http://www.canilec.org.mx/prod_leche.html (Obtenido el 10 de agosto de 2012).
- Sagarpa (2012). "Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación". *Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), situación actual y perspectivas de la producción de leche en México2012*. [en línea]. Disponible en www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf (Obtenido el 1 de agosto de 2012).
- Salas R. I. G. (2011). *Caracterización de praderas en Zacazonapan, Estado de México*. Tesis de licenciatura de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma del Estado de México.
- SAS Institute.,(2002). *SAS User's Guide: Statistics*. Ver 9.0. SAS Institute. Cary, N.C. USA. 956 p.
- Se (2012) "secretaría de economía". *Análisis del sector lácteo en México* [en línea] disponible en http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf (consultado el 1 septiembre de 2012).

- Tamminga S. (1992). "Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control". *Journal of Dairy Science*. 75:345-357.
- Tewolde A., J. C. Martínez G. E., Gutiérrez O., Magaña J.G. (2002). "Utilización estratégica de los recursos genéticos para la intensificación de los sistemas de producción bovina de doble propósito". [Memorias]. *IX Curso Internacional de Reproducción Bovina*. UNAM-FMVZ-División de Educación Continua-Departamento de Reproducción. México, D. F. p. 121-134.
- Thomas, C., Aston, K., Daley, SR., Bass, SR. (1986) Milk production from silage: the effect of the composition of the supplement . *Animal Production*; 42: 315-325.
- Thomson D.J (1984). The nutritive value of white clover. (ed.) En: *Forage Legumes. Occ. Symp. No. 16 British Grassland Society, Hurley.*: 78-92.
- Van Soest, P.J (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2ª ed). Cornell University,. p. 213.
- Villalobos, N.P., Holmes, CW., Garrick, DJ. (1999) El uso racional de la alimentación suplementaria en el sistema de producción de leche de Nueva Zelanda. II Seminario Internacional, Estrategias de Suplementación a Bovinos en Pastoreo. Chapingo México, 28 y 29 de octubre. 135-153.
- Villaboa 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.
- Weller, RF., Phipps, RH. (1986), The effect of silage preference on the performance of dairy cows (Abs). *Animal Production*,; 42: 435.
- Wiggins S., Tzintzun R. R., Ramírez G. M., Ramírez G. R., Ramírez V. F. J., Ortiz O. G., Piña C. B., Aguilar B. U., Espinoza O. A., Pedraza F. A. M., Rivera H. G. y Arriaga J. C. (2001). *Costos y Retornos de la Producción de Leche en Pequeña Escala en la Zona Central de México. La lechería como empresa. Serie Cuadernos de Investigación. Cuarta Época 19*. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Wilkins RJ. Gibb MJ. Huckle CA (1994). Lactation performance of spring-calving dairy cows grazing mixed perennial ryegrass/ white clover swards of differing composition and height. *Grass and Forage Science*; 50:199-208.
- Woodward SJR. (1998) Bite mechanisms of cattle and sheep grazing grass-dominant swards. *Applied Animal Behaviour Science*. 56:203-222.