



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RURALES

**DIFERENTES ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DE VACAS EN
PASTOREO EN EL SURESTE DEL ESTADO DE MÉXICO Y SU IMPACTO
EN LA CALIDAD FISICOQUIMICA DE LA LECHE.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES PRESENTA:**

FELIPE LÓPEZ GONZÁLEZ

TUTORA ACADÉMICA

Dra. Julieta Gertrudis Estrada Flores

TUTORES ADJUNTOS

Dr. Octavio A. Castelán Ortega

Dr. Benito Albarrán Portillo

Toluca, México, junio de 2014.

©Derechos reservados López-González 2014

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo económico durante la realización de mis estudios de Doctorado.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por la beca otorgada para la graduación.

Al Instituto de Investigación en Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), por aceptarme como un miembro más del Instituto y brindarme todo el apoyo de manera incondicional tanto del personal administrativo como técnico.

A los productores de Zacazonapan, México, quienes me brindaron su amistad y su apoyo para la realización de esta investigación.

A mi comité tutorial, integrado por la Doctora Julieta G. Estrada Flores, el Ph. D. Octavio Alonso Castelán Ortega y al Dr. Benito Albarrán portillo, por el apoyo brindado para la conducción y realización de este trabajo.

A los integrantes del equipo de investigación por su valiosa ayuda que siempre me ofrecieron, así como su amistad brindada hacia mi persona.

Con especial cariño quisiera agradecer a la gran familia a la cual pertenezco, por el apoyo brindado siempre, lo cual fue parte esencial para concluir esta importante etapa de mi vida, especialmente a mis abuelos maternos y mis tios.

A mi esposa Ma. Martina Contreras Catarino y mis dos hijas Vanessa Nahomy y Gabriela Denisse.

RESUMEN

El pasto es uno de los recursos forrajeros más utilizados por los productores en regiones con climas cálidos-húmedos. Considerando esta situación se realizó el presente trabajo cuyo objetivo fue determinar las características químicas y agronómicas de tres especies de pastos (*Cynodon plectostachyus*, *Paspalum notatum* y *Brachiaria decumbens*) a través de las variables: proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad de la materia orgánica (dMO), acumulación neta de forraje (ANF), cantidad de tallo, hoja, material vivo y muerto. El trabajo tuvo una duración de un año, de junio de 2009 a mayo de 2010, realizando evaluaciones mensuales. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza, se empleó un diseño de bloques al azar, donde los bloques fueron las praderas y los tratamientos fueron los meses de evaluación. Por otra parte se realizaron tres experimentos con vacas tipo Holstein y cruce de cebú con pardo suizo, con la finalidad de determinar la respuesta productiva a la suplementación y el efecto de *Saccharomyces cerevisiae* en los componentes de la leche, los datos se analizaron mediante un análisis de varianza, para lo cual se utilizó un cuadro latino 4X4, donde las vacas fueron las filas y los periodos las columnas. Las variables evaluadas fueron producción de leche, peso vivo de las vacas, condición corporal, así como proteína y grasa en leche. Los resultados mostraron que no existen diferencias significativas entre las praderas evaluadas para las variables PC, FDN, FDA y dMO ($P>0.05$); en la evaluación mensual, hubo diferencias entre los periodos evaluados ($P<0.05$) para estas variables. En cuanto a la evaluación agronómica de las praderas se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) tanto entre las praderas como en la evaluación por mes. En cuanto a la respuesta productiva de los animales a la suplementación, se observó que no existen diferencias significativas ($p<0.05$) para las variables evaluadas en dos de los experimentos, sin embargo si se encontraron diferencias significativas en uno de los experimentos. Con la adición de *Saccharomyces cerevisiae* en los tres experimentos hubo un incremento en la producción de leche, sin embargo no mejoro los componentes de la leche. Se concluye que el pasto representa una opción buena para los

sistemas de producción de leche en el sur del Estado de México, debido a sus características de adaptación al medio, al poco manejo que se le da en la región y a las características nutricionales y agronómicas que se obtuvieron en este trabajo. Además de que los sistemas de producción de leche se puede utilizar cantidades moderadas de concentrado, y que la adición de levadura en la dieta incrementa la producción de leche.

ABSTRACT

Grass is one of used forage resources by producers in regions with warm, humid climates. Considering this situation, the present work was carried aim was to determine the chemical and agronomic characteristics of three grass species (*Cynodon plectostachyus*, *Paspalum notatum* and *Brachiaria decumbens*) through the variables: crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), organic matter digestibility (OMD), net herbage accumulation (ANF), number of stems, leaves, dead and living material. He worked lasted one year, from June 2009 to May 2010, performing monthly evaluations. Data were analyzed by analysis of variance a randomized block design, where blocks were grasslands and treatments were the months of assessment was used. In addition Three experiments were performed Holstein cows type Zebu and crosses with Brown Swiss, in order to determine the productive response to supplementation and the effect of *Saccharomyces cerevisiae* in the components of milk, the data were analyzed by analysis variance, for which a 4x4 Latin square where the cows were periods rows and columns are used. The variables assessed were milk production, live weight of the cows, body condition, and milk protein and fat. The results showed no significant differences between prairie evaluated for CP, NDF, ADF and BMD ($P > 0.05$) variables; in the monthly assessment, there were differences between the evaluated periods ($P < 0.05$) for these variables. Regarding the agronomic evaluation Prairie significant differences ($P < 0.05$) both between the prairies and the evaluation per month were found. As for the animal production response to supplementation, we observed that there are no significant differences ($p < 0.05$) for the variables evaluated in two experiments, however if significant differences in one experiment were found. With the addition of *Saccharomyces cerevisiae* in the three experiments was an increase in milk production, but did not improve milk components. We conclude that the grass is a good choice for systems of milk production in the southern State of Mexico due to its characteristics of adaptation to environment, little management that is given in the region and the nutritional characteristics and agronomic that were obtained in this work. Besides the milk production systems can be used

moderate amounts of concentrate, and that the addition of yeast to the diet increases the production of milk.

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. Las praderas en el trópico húmedo en México	4
2.2. Características generales de los pastos tropicales	4
2.3. Utilización de alimento concentrado como suplemento del forraje	5
2.4. Tasa de sustitución y respuesta a la suplementación	8
2.5. Calidad forrajera en el desempeño de las vacas lecheras.....	13
2.6. Cultivos microbianos	18
2.7. Factores que afectan la población de microorganismos ruminales.....	18
2.8. Efectos de la adición de <i>S. cerevisiae</i> en la fermentación ruminal.....	20
2.9. Mecanismos de acción de <i>S. cerevisiae</i> para incremento de digestibilidad en el rumen	21
2.10. Efecto de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (SC) en la respuesta productiva	22
II. JUSTIFICACIÓN	25
IV. HIPOTESIS.....	26
V. OBJETIVOS.....	27
5.1. Objetivo general	27
5.2. Objetivos específicos	27
VI. MATERIALES Y MÉTODO	28
6.1. Localización del sitio experimental.....	28
6.2. Características de las praderas.....	28
6.3. Medición de la altura de la pradera	28
6.4. Acumulación Neta de Forraje (ANF)	28
6.5. Relación Vivo-muerto.....	29
6.6. Relación tallo-hoja.....	29
6.7. Análisis químico del pasto.....	29
6.8. Desarrollo de los experimentos.....	30
6.8.1. Experimento 1	31
6.8.2. Experimento 2.....	31

6.8.3. Experimento 3.....	31
6.9. Diseño experimental	32
VII. RESULTADOS.....	33
7.1. Capítulo de libro	33
7.2. Artículo enviado a Animal Production Science	49
7.3. Artículo enviado al Indian Journal of Animal Science.....	59
7.4. Artículo no enviado	70
VIII. DISCUSION GENERAL.....	81
IX. CONCLUSIONES GENERALES	83
X. REFERENCIAS	84

INDICE DE CUADROS

Capítulo de libro

Numero	Nombre del cuadro	Pagina
1	Características nutricionales de los concentrados y rastrojo de maíz con grano evaluado en el experimento en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el sur del Estado de México	41
2	Características nutricionales y acumulación neta de forraje del pasto <i>Paspalum notatum</i>	42
3	Respuesta productiva y calidad de la leche de vacas cruza de cebú con pardo suizo a diferentes niveles de suplementación.	45

Artículo enviado a Animal Production Science

Table	Nombre del cuadro	Pagina
1	Effects from supplementation with concentrates on daily milk yield, milk composition, body weight and body condition score for the experimental cows grazing on a <i>B. decumbens</i> pasture	53
2	Chemical composition of the concentrates and maize silage used in an experiment conducted in the municipality of Zacazonapan in the semitropical region of central Mexico	54
3	Average chemical composition, by period, of the experimental <i>B. decumbens</i> pasture where the cows grazed, in the municipality of Zacazonapan in the semitropical region of central Mexico	54

Artículo enviado al Indian Journal of Animal Science

Table	Nombre dela tabla	Pagina
1	Agronomic variables of the three grass species in small-scale milk production units in the southern part of the state of Mexico	65
2	Chemical composition and digestibility of average annual organic matter from three grass species in small-scale milk production units in the southern region of the state of Mexico	66

Artículo no enviado

Tabla	Nombre del cuadro	Pagina
1	Composición química de los concentrados y el sorgo usado en el experimento en el municipio de Zacazonapan, México.	75
2	Características nutricionales y acumulación neta de forraje del pasto <i>Cynodon plectostachyus</i> y sorgo	76
3	Respuesta productiva y calidad de la leche de vacas tipo Holstein a diferentes niveles de suplementación.	77

INDICE DE FIGURAS

Capítulo de libro

Figura	Nombre de la figura	pagina
1	Temperatura y precipitación de febrero a mayo de 2010 en Zacazonapan, Estado de México	38

Artículo enviado al Indian Journal of Animal Science

Figura	Nombre de la figura	pagina
1	Average temperature and rainfall in the area studied, from June 2009 to May 2010	64
2	Relation between the net forage accumulation of the three grass species, with respect to the precipitation in the southern region of the state of Mexico.	67

Artículo no enviado

Figura	Nombre de la figura	pagina
1	Temperatura y precipitación de febrero a mayo de 2010 en Zacazonapan, Estado de México	72

I.INTRODUCCIÓN

La utilización de forrajes y concentrados de alta calidad para la alimentación del ganado lechero es esencial para la maximización de la producción de leche y la eficiencia productiva de las vacas durante la lactancia temprana, lo que a su vez se refleja en una mayor producción de leche a través de la lactancia. Calidad forrajera se define como el potencial productivo del forraje mediado por el valor nutritivo, digestibilidad y consumo voluntario. El alto contenido de fibra y baja digestibilidad de forrajes tropicales es una limitante para maximizar el consumo de materia seca y la producción de leche de vacas en etapa temprana de lactancia. Las gramíneas tropicales producidas localmente, son típicamente de baja digestibilidad, debido a su rápida maduración y alto contenido de carbohidratos estructurales. Durante las etapas tempranas de crecimiento, las gramíneas tropicales tienen una alta proporción de hojas, pero la relación hoja/tallo disminuye rápidamente a medida que la madurez de la planta aumenta.

Para mejorar la calidad del forraje ofrecido, muchos ganaderos han recurrido a la importación de forrajes de mejor calidad, sin embargo esto es costoso para los productores, por lo que ha optado por la suplementación con grandes cantidades de alimentos concentrados (AC) para alimentar a las vacas lecheras.

Los AC consisten de diferentes ingredientes orgánicos y minerales que deben ser mezclados y combinados en proporciones apropiadas para proveer una dieta balanceada. Estos se caracterizan por contener poca fibra y ser de poco volumen y de alta digestibilidad. Son formulados principalmente para suplementar energía y proteína en la dieta de las vacas lecheras. También proporcionan vitaminas y minerales que en ocasiones pueden estar deficientes en los forrajes y limitantes en el consumo de MS y la producción de leche. Los ingredientes de alto valor energético se incluyen con el fin principal de aumentar la densidad energética de la dieta. La energía alimentaria la proporcionan principalmente los carbohidratos de fácil utilización (azúcares y almidones) y las grasas. Según la etapa de producción del animal, los concentrados pueden conformar una alta proporción de la dieta total (Church *et*

al.,2002). Los alimentos con alto contenido de energía más comúnmente utilizados son los granos de cereales (ej. sorgo, maíz, cebada, trigo) y sus derivados, ingredientes líquidos (como la melaza) y grasas o aceites de origen vegetal o animal. Los concentrados proteicos, son aquellos que derivados de origen vegetal o animal y a los cuales se les ha elevado el contenido de proteína mediante tratamientos originando un producto alimenticio con menos contenido de grasa, mayor contenido de proteínas, con un valor nutritivo elevado y económicamente aceptable.

La insuficiencia de energía digerible que caracteriza las pasturas tropicales limita la producción de leche de vacas altas productoras, especialmente en la etapa temprana de lactancia cuando la energía es el factor más limitante de la producción de leche. El suplementar con AC puede proveer los nutrientes que están deficientes en los forrajes tropicales y que son necesarios para la producción. La suplementación con concentrados promueve la tasa de desaparición de la materia seca (MS) reduciendo así el tiempo de retención de los alimentos en el rumen (Bargo *et al.*, 2002a). Además la razón acético:propiónico (A:P) en el contenido ruminal aumenta a favor de propionato lo que estimula la síntesis de glucosa a partir de propionato en los tejidos del cuerpo (gluconeogénesis). Este fortalecimiento de la energía disponible propicia un aumento en la producción de leche.

Se ha sugerido como práctica económica reducir la concentración de energía de la dieta y aumentar la razón forraje-concentrado (F:C) para vacas en etapa tardía de lactancia. Luego del parto, la vaca alta productora comienza a perder peso debido a un desbalance entre la energía en la leche producida y la energía consumida en la ración, y experimenta la movilización de las reservas corporales para cubrir el déficit energético. Durante la lactancia temprana los requerimientos nutricionales no son provistos totalmente en la ración y en particular las vacas consumiendo forrajes tropicales, ya que no se ingiere la cantidad de MS y energía necesaria para la alta producción de leche. Entonces la vaca comienza a perder peso por una rápida movilización de los tejidos adiposos corporales, los cuales sirven como fuentes de energía para cubrir el déficit energético durante esta etapa.

Es necesario maximizar el consumo de energía provista de una manera más efectiva por forrajes de alta calidad y AC. En la etapa temprana de lactancia el heno ofrecido debe ser inmaduro (corte a \pm 30 días) para maximizar su calidad, digestibilidad, consumo voluntario y capacidad para promover la producción de leche. El consumo voluntario del heno es afectado por la calidad de éste y por la suplementación de AC. A medida que aumenta dicha suplementación y la calidad del forraje disminuye, el consumo de forraje también disminuye.

La industria lechera local tiene una alta dependencia en la utilización de los AC importados. Una utilización más intensiva de forrajes de alta calidad podría reducir esta dependencia (Randel y Fernández Van Cleve, 1988). Los principios que guían la formulación de raciones se basan en mantener constante la eficiencia de conversión de energía dietética a producción de leche. Es pertinente proveer la cantidad de energía necesaria en los periodos más críticos de la lactancia, sobre todo la etapa temprana, cuando ocurre una rápida movilización del tejido adiposo y pérdida de peso corporal. Por otra parte la capacidad de consumo de MS del animal no es el máximo en esta etapa de lactancia, por lo cual se requiere dietas que maximicen el aporte de energía sin afectar negativamente el funcionamiento ruminal.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Las praderas en el trópico húmedo en México

En las regiones tropicales de México se mantiene el 64% del hato ganadero en sólo 33 % de la superficie nacional. En esta superficie se genera el 35 % de carne y 25 % de leche, que el país produce. Estas cifras pueden incrementarse, siempre y cuando la explotación de los forrajes sea adecuada, por lo que se considera que se puede incrementar la carga animal de 1.3 cabezas hasta 3.0 ha, con sistemas de explotación racionales, intensivos y sustentables. La explotación de bovinos en esta región se realiza, principalmente, en pastoreo de gramas nativas entre las cuales destacan los géneros *Axonopus* spp. y *Paspalum* spp., con bajo potencial de producción de forraje en comparación con las gramíneas introducidas. Entre las gramíneas introducidas naturalizadas en áreas de pastoreo, destacan los géneros *Panicum*, *Cynodon*, *Digitaria*, *Pennisetum*, *Hyparrhenia*, *Cenchrus* y, en los últimos cinco años, han tenido importancia algunas especies del género *Brachiaria* y *Andropogon*; todas procedentes del continente africano. La baja productividad de los pastos ha sido asociada a varios factores, entre los que destacan el consumo limitado de nutrientes digestibles, debido a la calidad de los forrajes que, generalmente, tienen poca digestibilidad y concentración de nitrógeno, así como a las épocas de sequía que limitan el crecimiento y las condiciones ambientales que causan estrés calórico en los animales (Enríquez *et al.*, 1999).

2.2. Características generales de los pastos tropicales

En México 51.3 millones de ha están en áreas tropicales. De éstas, el 37% son usadas para el pastoreo de 3.9 millones de bovinos que contribuyen con el 25% de la leche y el 35% de la carne que se produce, siendo determinante el papel que juegan los forrajes en esta actividad productiva por su relativo bajo costo, disponibilidad y facilidad de obtención; en contraste con otras fuentes de alimentación (Enriquez *et al.*, 1999).

Actualmente, los métodos más comúnmente usados para determinar y predecir el valor nutricional de las gramíneas forrajeras tropicales en México, fueron desarrollados en áreas templadas. Motivo por el cual estas determinaciones y

predicciones están basadas en condiciones muy diferentes a las tropicales y en consecuencia el potencial de error es muy grande y con tendencia a la sobreestimación. Para gramíneas tropicales, el Sistema de Análisis Proximal es obsoleto y sigue todavía en uso ocasionando gastos innecesarios y arrojando valores de Fibra Cruda y Extracto Libre de Nitrógeno que no tienen ningún sentido desde el punto de vista nutricional (Van Soest, 1994).

Una gran proporción de la leche en las zonas tropicales es producida por el ganado en sistemas de manejo de Doble Propósito. Este, normalmente obtiene los nutrientes para la producción de leche y carne, de praderas de gramíneas. Por lo tanto se requiere de sistemas nutricionales dinámicos para predecir la producción de leche de vacas en praderas con valor nutritivo variable, bajo las condiciones ambientales predominantes en el trópico y, diseñar suplementos que complementen los forrajes disponibles y que cumplan con los objetivos de la producción.

Los forrajes tropicales son de crecimiento y maduración rápida, problema al que se han enfrentado los ganaderos desde siempre. Los pastos tropicales al tener esta característica, su calidad nutricional también cambia rápidamente. Las principales limitaciones que presentan, son la reducción en el contenido de nitrógeno soluble, (proteína) y el aumento en pared celular lignificada a medida que el forraje madura. A causa de esto, el nutricionista se enfrenta a varios problemas: en primer lugar, el manejo adecuado de las praderas, para mantener una calidad nutricional estable en el forraje y en segundo lugar, a manejar la fermentación ruminal de tal forma que esta sea lo más eficiente posible para suministrar los nutrientes requeridos por el animal. En el pasado, el manejo de la formulación de raciones para rumiantes se hacía de manera similar a como se hace para monogástricos, con el problema que no se sabía que pasaba en el rumen con los nutrientes.

2.3. Utilización de alimento concentrado como suplemento del forraje

Para que las vacas lecheras altas productoras puedan alcanzar su potencial genético de producción, necesitan de dietas con altos niveles de nutrientes y energía que cubran los requerimientos nutricionales. Estos requerimientos normalmente no pueden ser provistos por forrajes solamente (Kennedy *et*

al.,2003). Las vacas altas productoras deben consumir y digerir grandes cantidades de alimentos de alta calidad para obtener los nutrientes necesarios para optimizar la producción de leche. La práctica de suplementar la dieta con alimentos concentrados en etapa temprana de lactancia aumenta el consumo de energía e incrementa la fermentación ruminal y la síntesis de proteína microbiana, lo que a su vez contribuye a optimizar el consumo de MS y la producción de leche (Kennedy *et al.*, 2003). Durante la lactancia temprana la demanda de energía es mayor, debido al alto potencial para producción de leche durante este periodo. Los concentrados proveen los nutrientes y la energía que la vaca lechera necesita para optimizar su producción.

El periodo de transición de la vaca lechera es una de las etapas más importantes que puede influir en la producción de leche a través de toda la lactancia. Dicho periodo comprende desde tres semanas antes hasta tres semanas después del parto (Grummer, 1995). Varios desordenes metabólicos, problemas de salud y pérdida de peso son muy comunes durante el periodo de transición, y pueden afectar el potencial productivo de la vaca lechera a largo plazo (Drackley, 1999). Una mala alimentación en el periodo de transición puede afectar el pico productivo y la persistencia de la curva de lactación, resultando en pérdidas económicas. Por el contrario, una nutrición apropiada durante el periodo de transición puede mejorar el desempeño lechero a través de toda la lactancia (Drackley, 1999).

Durante la lactancia temprana los requisitos energéticos del animal aumentan y la probabilidad de que ocurra una deficiencia en el consumo de energía es mayor. La energía adicional que se le provee al animal cuando se aumenta la concentración energética del concentrado utilizado puede ayudar a subsanar el balance energético negativo después del parto. Alimentar las vacas lecheras con una dieta alta en energía durante tres a cuatro semanas antes del parto es una práctica observada en fincas comerciales (Rabelo *et al.*, 2003).

En los trópicos la suplementación intensiva con concentrado se hace necesaria debido al bajo contenido de energía de las pasturas locales. Sin embargo, dicha suplementación en cantidad excesiva puede recargar la capacidad digestiva de la vaca, lo cual resulta en efectos negativos sobre el consumo de

forrajes, fermentación ruminal y eficiencia en el uso de energía para la producción de leche (Cancel, 2002).

Un factor importante es el tiempo que las vacas pasan ingiriendo y rumiando forrajes de muy baja calidad, limitando así su consumo (Allen, 2000). Los mecanismos químicos involucrados incluyen la fermentación ruminal que produce ácidos orgánicos en proporciones desiguales y en cantidades excesivas, esto sucede por el uso de dietas bajas en fibra, las cuales causan una disminución en el pH ruminal y reducción en la digestibilidad de la fibra (Sheperd y Combs, 1998).

Los patrones fermentativos de producción de ácidos en el rumen pueden ser alterados a consecuencia de cambios en la razón de forraje y concentrado (F:C). De igual forma la respuesta en términos de consumo y digestión de la dieta se ve afectada por la misma proporción (Sheperd y Combs, 1998). Un exceso en la producción de ácidos debido a la fermentación de dietas bajas en forrajes resulta en un pH ruminal bajo, el cual puede causar una disminución en la digestión de la fibra (Hoover, 1986). Voelker *et. al.*, (2002) utilizaron 32 vacas Holstein en etapa mediana a tardía de lactancia (197 ± 55 d) para evaluar la relación entre el rendimiento lechero y los efectos de la relación F:C en la dieta, sobre el consumo de materia seca (MS) y la digestión. Las dietas incluyeron ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz aportando cada uno 50 % de la MS forrajera. Los tratamientos consistieron de una dieta alta y otra baja en forraje, con relaciones F:C de 67:33 y 44:56, respectivamente. El rendimiento lechero fue mayor con la dieta baja en forrajes (33.3 vs. 31.0 kg/d) y así también el consumo de MS (23.7 vs. 22.0 kg/d) y el consumo de almidón (8.1 vs. 5.2 kg/d). Esta fracción es más digerible que la fibra en todo el tracto digestivo (NRC, 2001). Sin embargo, la digestibilidad de la MS no fue diferente entre los dos niveles de forraje. La reducción en la proporción de forraje resultó en un mayor consumo de energía neta para lactación (NEL), (35.9 vs. 33.1 Mcal/d) y en un menor consumo de FDN (6.5 vs. 5.6 kg/d) que con dietas altas en forrajes.

Dietas altas en forrajes resultan en un mayor llenado del rumen y una evacuación de las partículas de ingesta fuera del retículo-rumen más lenta, resultando así en un menor consumo total de MS, por otro lado, cuando se proveen dietas con proporciones altas de concentrado se observa una

disminución en la digestibilidad de la FDN (Grant, 1997). La respuesta en la producción de leche indican que tanto las vacas bajas como las altas productoras utilizan una mayor proporción de la energía consumida para la producción de leche que para síntesis de tejido corporal con dietas bajas en forrajes (Voelker, 2002).

Randel (1995) comparó dos niveles de suplementación (8 y 9 kg/d) de concentrado en vacas pastoreando hierbas tropicales mientras otro grupo estuvo en confinamiento consumiendo dietas con proporciones de F:C de 40:60 y 50:50, en dos fases sucesivas (I y II) del experimento, ofrecidas en dieta total mezclada (TMR). Durante la fase I (120 días) nueve vacas pastaron rotacionalmente en predios de gramíneas no abonadas durante la época de sequía y recibieron concentrados suplementarios (TA), mientras que el otro grupo en confinamiento recibieron el TMR de 40 % de heno de gramíneas tropicales y 60 % de concentrados (TB). Durante la fase II, el TMR fue de 50 % heno y 50 % concentrados; el grupo en pastoreo continuó como antes. La producción diaria de leche para TA y TB en la fase I fue de 16.1 y 17.8 kg/d, respectivamente, y el consumo de MS del TB fue de 18.2 kg/d. Las respectivas producciones en la fase II fueron de 13.7 y 15.5 kg/d mientras el consumo de MS en TB fue de 17.7 kg/d. El TMR resultó en una mayor producción de leche y presumiblemente un mayor consumo de MS en ambas fases, que el manejo a pastoreo con suplementación. Sin embargo, ambas fórmulas de la TMR resultaron en un mayor consumo de AC por unidad de leche producida.

En algunos estudios realizados en vacas en pastoreo se demuestra que la principal limitante para la producción de leche, es el consumo de materia seca, por ejemplo Kolver *et. al.*, (1998) reportó que vacas en lactancia temprana pastoreando una pastura de alta calidad en la primavera tuvieron un consumo de MS de 19.0 kg o 3.4% del peso vivo. Sin embargo, cuando se las comparó con vacas en una dieta total mezclada TMR, las vacas en pastoreo consumieron 4.4 kg menos de MS.

2.4. Tasa de sustitución y respuesta a la suplementación

La reducción en el consumo de forraje al aumentar el consumo de concentrado se define como la tasa de sustitución (Kellaway y Porta, 1993). Factores tales

como la calidad y digestibilidad de la pastura, el nivel de suplementación, y otros propios del animal pueden afectar la tasa de sustitución. De igual forma puede ser afectada por el potencial de consumo del forraje, el contenido y tipo de almidón en el concentrado, así como la proporción del concentrado en la dieta (NRC, 2001), el contenido de proteína cruda del suplemento y el de los forrajes. También ésta puede depender de la disponibilidad del forraje, propiedades físicas y químicas del concentrado y etapa de lactancia de la vaca (Kellaway y Porta, 1993). Se han propuesto dos hipótesis para explicar la tasa de sustitución de forraje por concentrados. En la primera, Dixon y Stockdale (1999) proponen que la tasa de sustitución puede ser influenciada por efectos negativos asociados al funcionamiento ruminal de vacas en pastoreo y suplementadas con concentrados. Estos pueden incluir una reducción en el pH ruminal, una baja tasa de degradación ruminal de los forrajes y una disminución de la digestibilidad aparente de FDN. La segunda hipótesis, propuesta por McGilloway y Mayne (1996) propone que la tasa de sustitución puede estar relacionada a reducciones en el tiempo de pastoreo cuando las vacas reciben concentrado como suplemento. Durante la etapa temprana de lactancia puede observarse una mayor tasa de sustitución debido a que los requisitos nutricionales de las vacas son altos y éstas no pueden consumir suficiente materia seca del forraje para alcanzar sus necesidades nutricionales, una menor tasa de sustitución puede esperarse en etapa avanzada de lactancia, debido a que la producción de leche disminuye y la capacidad de consumir materia seca aumenta, por lo tanto la satisfacción de los requerimientos nutricionales puede depender más del forraje (Cancel, 2002).

Bargo *et al.*, (2002a) utilizaron 20 vacas de la raza Holstein en pastoreo para estudiar el efecto de la suplementación con concentrado. Los cuatro tratamientos resultaron de la combinación de dos niveles de forraje disponible (Baja, 25 vs. Alta, 40 kg MS/d) y dos niveles de suplementación con concentrado (0 vs. 1 kg de concentrado/4 kg de leche). La suplementación con concentrado disminuyó el consumo de MS forrajera a ambos niveles de forraje disponible, pero la disminución fue mayor a alta que a baja disponibilidad. Esto nos indica que la tasa de sustitución es mayor cuando la oferta de forraje disponible para pastoreo es mayor. La tasa de sustitución fue 0.26 y 0.55 kg de

MS de pastura/kg de concentrado a bajo y alto niveles de forraje disponible, respectivamente. La suplementación con alimento concentrado aumentó el consumo de materia seca total, pero el aumento fue mayor a bajos que a altos niveles de forraje disponible. La producción de leche aumento, pero este incremento fue mayor a bajos que a altos niveles de forraje disponible. Las respuestas en producción de leche a la suplementación fueron 0.96 y 1.36 kg de leche/kg de AC ofrecido. Esto es indicativo de la importancia de la suplementación con AC para promover la producción de leche. Robaina *et al.* (1998) observaron una baja tasa de sustitución cuando vacas pastoreaban en predios con poco forraje disponible.

Kellaway y Porta (1993) suplementaron vacas bajas productoras en pastoreo con AC y encontraron una producción de 0.6 kg de leche por kg de AC ofrecido. Stockdale (1999) informó que la producción de leche en respuesta a la suplementación con AC aumentó al disminuir el contenido de energía metabolizable (EM) de la pastura. Reis y Combs (2002b) reportaron respuestas de 1.00 y 0.86 kg de leche/kg de AC cuando las vacas pastoreaban predios de alfalfa y fueron suplementadas con 5 y 10 Kg/d de AC. Puede concluirse que la suplementación con AC tiende a disminuir el consumo de MS de los forrajes pero aumenta la producción de leche.

Ingvarsen *et al.* (2001) compararon 3 sistemas de alimentación durante la etapa temprana de lactancia. Los tratamientos experimentales fueron: forraje *ad libitum* con concentrado a razón de 0.3 ó 0.5 kg de AC/kg de leche hasta un máximo de 10.2 kg/d. Se observó un mayor rendimiento lechero y consumo de MS durante las primeras 4 semanas de lactancia por las vacas alimentadas con AC y forraje en forma de TMR comparadas con aquellas alimentadas con AC y forrajes por separado.

Bargo *et al.*, (2002b) utilizaron 45 vacas Holstein de temprana a media etapa de lactancia para comparar tres sistemas de alimentación, combinando pasturas y raciones totales mixtas (TMR). Los tratamientos utilizados fueron: 1) pastura, más alimento concentrado (PAC), 2) pastura, más TMR (pTMR), y 3) TMR (sin pastura). La dieta PAC consistió de 60% pastura y 40% concentrado; la del pTMR fue 30% pastura, 61% TMR y 9% concentrado; y la del otro sistema 100% TMR. Comparado con el tratamiento PAC, el consumo de MS

fue 3.6 y 5.1 kg/d mayor para pTMR y TMR, respectivamente. El consumo total de MS de la dieta PAC (21.6 kg/d), fue similar al resultado reportado por Buckley *et al.* (2000). Se encontró que vacas lecheras de mérito genético alto consumen más MS que las de mérito genético mediano cuando se alimentan bajo este sistema (20.9 vs. 19.3 kg/d). La producción de leche fue mayor para el sistema TMR (38.1 kg/d) que para los otros dos; PAC (28.5 kg/d) y pTMR (32.0 kg/d).

Kolver *et al.*, (2000) reportaron que vacas Holstein Friesian produjeron significativamente más leche con una alimentación basada en 100% TMR que con otra basada solo en pasturas sin AC (22.6 vs. 14.9 kg/d). Estas diferencias en producción desfavorables para la dieta sin AC se deben en parte a mayores requerimientos de energía para mantenimiento relacionados a actividades como rumiar y caminar por los predios, que a diferencias en el consumo de energía. El mayor gasto de energía relacionado con la ingestión de los forrajes es atribuido al esfuerzo físico ingestivo y al movimiento requerido para la selección de los mismos (Agnew and Yan, 2000).

La reducción en cantidad de leche producida con una alimentación que utiliza mucho forraje depende del estado de lactancia, época del año y calidad de la pastura. Posibles factores que contribuyen a dicha disminución incluyen un cambio en las poblaciones microbianas del rumen, un desbalance nutricional durante el periodo de transición y un aumento en los requerimientos de energía para mantenimiento (Bargo *et al.*, 2002b). Kolver *et al.*, (1998) reportaron una producción de leche mucho menor (29.6 vs. 44.1 kg/d) por vacas que consumieron solo pasturas de calidad comparada con la de vacas que consumieron un TMR balanceado. Esto se debió en gran medida a un menor consumo de MS (19.0 vs. 23.4 kg/d) y de energía. Los resultados de este estudio indican que las vacas altas productoras en pastoreo necesitan energía suplementaria para alcanzar su potencial genético para la producción de leche. Algunos estudios (Bargo *et al.*, 2002a; Reis y Combs, 2000a, 2000b) realizados con vacas lactantes bajo pastoreo han señalado que una suplementación con 8 a 9 kg/d de AC aumenta el consumo total de MS en aproximadamente un 16.7 % y permite una producción de leche por encima de lo obtenido con un sistema de pastoreo solamente. Muchos productores de leche en los Estados Unidos

evitan la utilización de pasturas debido a que la producción por vaca es menor que bajo un sistema de alimentación en confinamiento, con el uso de AC como la principal fuente alimenticia (Kolver *et al.*, 1998; White *et al.*, 2002).

El aumentar la proporción de granos en las dietas resulta en mayor digestibilidad, concentración de energía dietética y consumo de MS. Kennedy *et al.* (2003) utilizaron 48 vacas de mérito alto y 48 de mérito mediano para evaluar el efecto de la suplementación de AC en la producción de leche. Las vacas en etapa temprana de lactancia se suplementaron con 0, 3, y 6 kg/d de AC. En un segundo estudio con vacas en etapa tardía de lactancia se les suplió 0, 2, y 4 kg/d de AC. En ambos casos, se ofreció ensilaje de gramíneas *ad libitum* durante todo el experimento. En etapa temprana de lactancia las vacas de mérito alto tuvieron una mayor producción de leche que las de mérito mediano (35.0 vs. 30.0 kg/d) bajo la dieta de mayor aporte de concentrado. También el consumo de MS del forraje (14.15 vs. 13.03 kg/d) y el de MS total (19.49 vs. 18.33 kg/d) fueron mayores en vacas de mérito alto. Asimismo, en la etapa tardía de lactancia las vacas de mérito alto superaron a las de mérito mediano en producción de leche (25.9 vs. 22.5 kg/d), consumo de MS del forraje (16.0 vs. 15.29 Kg/d) y consumo de MS total (19.55 vs. 18.73 kg/d). Estos resultados sugieren que la suplementación con concentrado a vacas altas productoras alimentadas mayormente con forrajes resultará en una baja tasa de sustitución (0.4 a 0.6 kg de reducción en el consumo de MS del forraje / kg de aumento en el consumo de MS del concentrado) y una alta respuesta en la producción de leche (> 1.0 kg de leche / kg de MS de concentrado). La alta producción de leche y eficiente utilización de los nutrientes mostradas por las vacas de mérito alto concuerdan con los resultados de estudios previos (Buckley *et al.*, 2000), en los cuales las vacas de mérito alto sobresalieron. Además de una alimentación que garantice la maximización de la producción de leche, el potencial genético del animal juega un papel muy importante. Inversamente, la selección de vacas con un alto potencial genético requiere de una mejor alimentación para la realización de dicho potencial.

2.5. Calidad forrajera en el desempeño de las vacas lecheras

La calidad del forraje es definida en términos del desempeño del animal, utilizando criterios tales como, ganancia de peso vivo, producción de leche, producción de fibra (pelo y lana) y desempeño reproductivo (Ball *et al.*, 2002). En la alimentación de vacas lecheras la producción de leche es la medida más crucial para indicar calidad forrajera (Alhadhrami y Huber, 1992). Alimentar con forrajes de alta calidad reduce los costos de la alimentación ya que usualmente estos representan la fuente más económica de nutrientes. Su consumo también propicia un aumento en el consumo de materia seca y la producción de leche.

Una de las limitaciones para la producción de leche es la pobre utilización de las pasturas durante el pastoreo. Muller y Fales (1998) enfatizaron que dicha limitación se debe a un bajo consumo voluntario de forraje y a bajos niveles de nutrientes en las plantas forrajeras que no cumplen con los requerimientos de las vacas en producción. Forrajes de alta calidad tienden a propiciar un alto consumo de materia de alta digestibilidad que contiene un balance adecuado de nutrientes (Ball *et al.*, 2002).

La alta digestibilidad de los forrajes de alta calidad permite una mejor utilización de los nutrientes consumidos que son necesarios para la producción de leche. La cantidad de forraje que ingiere el ganado voluntariamente es el factor de mayor importancia en determinar su calidad. La cantidad de forraje que consume la vaca lechera dependerá primordialmente del tiempo que éste está accesible, de su digestibilidad y su contenido de fibra. La digestibilidad de la fibra forrajera aparenta ser uno de los factores de mayor importancia que influencia el consumo de materia seca y rendimiento de leche cuando diferentes tipos de forrajes son ofrecidos (Ruiz *et al.*, 1995).

West *et al.*, (1997) utilizaron 40 vacas lecheras en etapa temprana de lactancia para determinar los efectos de la calidad del forraje sobre el consumo de MS, digestibilidad y producción de leche. Se utilizó heno de alfalfa y heno de hierba bermuda (*Cynodon dactylon*) en raciones totales mixtas (TMR) y se comparó dietas de baja proporción de forrajes (15%) y de alta proporción (30%). Los tratamientos experimentales fueron: T1 (control-sin heno), T2 y T3 (heno de bermuda-15 y 30 %), T4 y T5 (heno de alfalfa-15 y 30 %), respectivamente. El consumo de MS fue mayor con dietas de alfalfa que con las de heno de

bermuda (21.2 vs. 19.2 kg/d). De igual forma la producción de leche (28.2 vs. 26.8 kg/d) fue mayor en vacas alimentadas con heno de alfalfa que con heno de bermuda. En este estudio se demostró que la calidad del forraje es un factor determinante en el consumo de materia seca y la producción de leche.

La digestibilidad y el consumo del forraje están relacionados directamente con la madurez de la planta. A medida que ésta madura aumenta el contenido de fracciones fibrosas de la pared celular. Estas fracciones son digeridas más lentamente y a un menor grado que la fracción soluble. La pared celular de los forrajes consta de tres partes: lámina media, pared primaria y pared secundaria (Valenciaga y Chongo, 2004). La lámina media es amorfa y se compone principalmente de sustancias pécticas. La pared primaria se forma seguida de la división celular, mientras la secundaria se desarrolla cuando la célula termina su crecimiento. Los compuestos más prominentes, sobretodo en la pared secundaria son celulosa y lignina. La celulosa que se halla presente en la fase fibrilar, es un polisacárido (polímero de glucosa) resistente a la hidrólisis de enzimas digestivas producidas por los animales. La lignina es otra sustancia no carbohidrato de la pared celular que cumple con funciones estructurales y de soporte principalmente en plantas maduras. Mientras la planta avanza en madurez sus contenidos de celulosa y lignina aumentan, lo cual reduce su digestibilidad (Church *et al.*, 2002).

La inclusión de forrajes en la dieta es requerido primordialmente para proveer la fibra adecuada para un buen funcionamiento ruminal (Beauchemin y Rode, 1994). La fibra de los forrajes juega un papel fundamental en los rumiantes y es necesaria para optimizar la fermentación ruminal y estimular actividades como masticar y rumiar, lo que promueve el consumo de materia seca (Bargo *et al.*, 2002b). La fibra en los forrajes se describe en términos analíticos como fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Los porcentajes de FDN y FDA recomendados en dietas para vacas altas productoras en etapa temprana de lactancia varían desde 25 a 35% y de 19 a 21%, respectivamente, dependiendo de la digestibilidad de la fibra en el forraje, la digestibilidad de la FDN es un factor importante para determinar la calidad del forraje (NRC, 2001). Beauchemin (1991) utilizó 6 vacas Holstein fistuladas para evaluar los efectos de la concentración de FDN en la dieta. Las vacas recibieron una de seis dietas

raciones totales mixtas con dos diferentes henos, de etapa temprana o mediana de maduración, y formuladas para proveer tres concentraciones de FDN: 31, 34 y 37%. Los tratamientos no afectaron el consumo de MS, pero la producción de leche diaria a medida que la concentración de FDN en la dieta aumentaba de 31 a 37%. Este efecto negativo de la disminución de la calidad del forraje debido al aumento en la madurez de la planta puede ser minimizado formulando dietas con concentraciones adecuadas de FDN, 25 a 35% (NRC, 2001) y cosechando el forraje en etapa temprana de maduración.

Alhadhrami y Huber (1992) utilizaron 40 vacas Holstein alimentadas con heno de alfalfa a distintas concentraciones de FDA (26, 28, 32 y 38 %) para evaluar el desempeño en la lactancia y utilización de nutrientes. Cada heno fue incluido en un TMR en proporciones de 50:50 y 35:65 (F:C), constituyendo un arreglo factorial 4 x 2 de tratamientos. En ambas proporciones de F:C la producción de leche disminuyó al aumentar el porcentaje de FDA de la dieta, pero de 26 % a 38 % de FDA la disminución de la producción fue menos a F:C de 65:35 que a 50:50 y el consumo de MS (24.0 kg/d) no fue afectado.

Existen diversos factores que afectan la calidad del forraje. Entre éstos podemos mencionar la especie botánica, el clima, la palatabilidad, y el estado de madurez de la planta. Las gramíneas de zona templada generalmente son de mayor calidad y digestibilidad que las de zona tropical. En ambientes cálidos las altas temperaturas contribuyen a una rápida maduración y lignificación, disminuyendo así la digestibilidad del forraje. Las leguminosas (ej. alfalfa), por su alto contenido de proteína y digestibilidad, suelen ser forrajes de mayor calidad que las gramíneas (Church *et al.*, 2002). Relativo a las gramíneas, su digestibilidad disminuye menos a medida que aumenta la madurez de la planta (Ball *et al.*, 2002).

El clima es un factor determinante del valor nutritivo y composición química de los forrajes. El clima tropical propicia una rápida maduración de la planta y la digestibilidad disminuye al aumentar el contenido de los carbohidratos estructurales. Las gramíneas tropicales presentan una mayor proporción de pared celular que las de clima templado, siendo éstas últimas consideradas como mejores forrajes para las vacas lecheras. Las gramíneas de zona templada, al igual que las leguminosas, fijan la energía solar inicialmente en

forma de unidades de tres carbonos y por ende se conocen como plantas C3. En cambio las gramíneas tropicales fijan energía solar inicialmente en unidades de cuatro carbonos y se conocen como plantas C4 (Ball *et al.*, 2002). La eficiencia de conversión de luz a energía química es relativamente baja en las plantas C3 (3%) relativo a las C4 (5 a 6%). Estas pueden utilizar casi toda la luz solar que es interceptada por sus hojas, en cambio, las hojas de las plantas C3 se saturan a un 25 a 30% de la luz total recibida (Ball *et al.*, 2002). Además, las plantas C3 llevan a cabo el proceso de fotorespiración y así pueden desperdiciar hasta un 40 % de la energía fotosintética. No así las plantas C4 por lo cual son más eficientes en la utilización de la energía solar.

La palatabilidad es otro factor importante que incide en la calidad de un forraje. Puede afectar el consumo voluntario debido a la selección de una especie forrajera sobre otra. La selectividad se presenta cuando los animales muestran preferencia por las plantas o partes de plantas más nutritivas. Generalmente los forrajes de alta calidad son los más palatables. La palatabilidad puede verse afectada por la textura, aroma, sabor y succulencia (Ball *et al.*, 2002). En algunos casos los animales alimentados con especies de forrajes menos palatables, pueden mostrar un desempeño satisfactorio si la calidad nutritiva del forraje es alta (baja concentración de fibra y alta digestibilidad de la misma) y el consumo no se ve muy afectado. La palatabilidad también depende de la etapa de crecimiento del forraje. Mientras las plantas maduran, las paredes celulares se lignifican y constituyen una amplia proporción de la célula, resultando en una disminución en digestibilidad, contenido de PC y palatabilidad (Ball *et al.*, 2002).

Los forrajes conservados comercializados en los trópicos resultan ser en la mayoría de los casos de baja calidad. Esto se debe a que los productores comerciales al procurar mayores rendimientos cosechan el forraje en etapa avanzada de madurez. Como consecuencia, disminuye su digestibilidad, contenido de energía y proteína. La edad de cosecha guarda una relación inversa con el contenido de PC del forraje.

Zimmerman *et al.*(1991) utilizaron 32 vacas de la raza Holstein para examinar los efectos de tres niveles de proteína, dos fuentes de forraje y dos niveles de fibra en la dieta sobre la producción de leche y consumo de MS. Los

tratamientos utilizados constaron de 3 dietas de heno de festuca (*Festuca arundinacea*) u “orchardgrass” (*Dactylis glomerata* L.) a diferentes niveles de proteína, bajo (14 %), mediano (18 %) y alto (22 %) y una dieta con 22 % de PC. De la primera a la cuarta semana (Periodo I) las vacas se alimentaron con la dieta alta en fibra (23 % FDA). Entre los niveles bajos en fibra no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en el consumo (19.4 vs. 18.7 kg/d). Entre los niveles altos en fibra la producción de leche fue mayor en las dietas de festuca altas y medianas en proteína (25.9 y 26.0 kg/d) que en la dieta baja en proteína (22.5 kg/d). Las vacas que consumieron la dieta de alfalfa tuvieron una mayor producción de leche (27.1 kg/d), que todas las dietas de festuca. Estos datos señalan que dietas altas en contenido proteico son necesarias para maximizar la producción de leche. Estudios realizados por Jaquette *et al.* (1986) y por Lundquist *et al.* (1986) han demostrado que las dietas bajas en proteína resultan en una menor producción de leche debido a deficiencias en amino ácidos limitantes necesarios para sintetizar la proteína de la leche.

El manejo adecuado de los forrajes es un factor importante en la producción de leche ya que así se mantiene alto el valor nutritivo a través de toda la lactancia, lo cual minimiza los gastos de alimentación y garantiza un mayor consumo y respuesta productiva. Ruíz y Rosario (2004) llevaron a cabo un estudio para determinar los efectos de la calidad del forraje de henos de leguminosa y la suplementación alimentaria sobre el consumo voluntario y producción de leche de vacas lecheras en el trópico. Se utilizaron 9 vacas Holstein en etapa media de lactancia. Los tratamientos consistieron de henos de bermuda (BGH), alfalfa, y maní forrajero (RPP) ofrecidos *ad libitum* y AC a razón de 1 kg por cada 2.25 kg de leche producida. La producción diaria de leche por las vacas que consumieron fue 19 kg de leche diarios en promedio. Estos investigadores concluyeron que vacas de bajo rendimiento lechero que reciben altos niveles de suplementación con AC, no responden con mayor producción de leche cuando se alimentan con henos de mayor valor nutritivo.

Randel y Fernández Van Cleve (1988) utilizaron treinta vacas Holstein y Pardo Suizo para evaluar dietas a base de pasto estrella ofrecida *ad libitum* a vacas en confinamiento, ya sea en forma de forraje verde (6.21 % PC) o heno (5.59 %

PC) y suplementación módica con AC. La suplementación individual consistió de concentrado comercial (18% PC), a razón de 1 kg de AC por cada 2.2 kg de leche producida. El consumo total de MS del forraje verde fue de 10.71 kg/d (2.59 % PV) en combinación con 2.85 kg/d de AC. Las cifras correspondientes para el heno fueron de 9.22 kg/d de MS (2.32 % PV) y 3.14 kg/d de AC. La producción de leche fue de 11.0 y 9.97 kg/d para las vacas consumiendo forraje verde y heno, respectivamente. Se concluyó que para garantizar una producción de leche adecuada con este tipo de raciones para vacas en confinamiento, se precisan forrajes de altos niveles de energía y proteína o una suplementación más intensiva con AC.

2.6. Cultivos microbianos

Los cultivos microbianos son productos formados por una mezcla de microorganismos (hongos unicelulares y levaduras), enzimas, vitaminas, medios de cultivo y factores no identificados relacionados con la levadura, que tienen efectos benéficos en la fermentación ruminal; el efecto del cultivo de levadura en la alimentación de los rumiantes no es constante, lo cual se debe a la combinación de distintos factores inherentes a las levaduras (nucleótidos, aminoácidos y vitaminas) que son proporcionados a los microorganismos simbióticos del rumen por medio del proceso de lisis bacteriana (Mendoza y Ricalde 1993; Dawson 1990).

2.7. Factores que afectan la población de microorganismos ruminales

La concentración de las poblaciones microbianas que viven en el rumen en anaerobiosis, específicamente para bacterias, protozoarios y hongos son de 10^{10} /ml, 10^6 /ml y 10^4 /ml respectivamente (Jouany, 1994). Para permitir que los organismos de crecimiento lento; tales, como los hongos y protozoarios ruminales puedan reproducirse se necesita permanencia prolongada del alimento dentro del rumen de 48 a 72 h y sostener así la concentración de las poblaciones microbianas (McAllister *et al.*, 1994). Es posible que la eficiencia del crecimiento bacteriano este directamente relacionada con la tasa de dilución de las bacterias y/o del contenido ruminal, debido a que las bacterias en el rumen están asociadas a los sólidos alimenticios, al líquido y la pared

ruminal; por lo tanto, la tasa de crecimiento bacteriano puede estar en relación a la tasa de dilución del líquido (Aguilera, 1988).

Se ha reportado (Gedek *et al.*, 1993) que la adición de levadura *S. cerevisiae* incrementa la concentración de bacterias gram- en el contenido ruminal (1.6×10^4 vs 2.0×10^5 UFC/ml, UFC: unidades formadoras de colonias) y también incrementa el contenido de bacterias gram- en las heces (1.1×10^4 vs 2.6×10^3 UFC/ml), mencionando además, que la levadura estimula el crecimiento de bacterias amilolíticas a nivel ruminal, estos resultados que fueron confirmados por Kumar *et al.*, (1994) y Dawson *et al.*, (1990) quienes indican que la levadura incrementa el número de bacterias totales, bacterias viables totales, celulolíticas, amilolíticas y protozoarios; sin embargo; se han encontrado resultados contradictorios por Chiquette (1995) y Sohn y Song (1996).

Los protozoarios tienen un efecto negativo sobre la población de bacterias amilolíticas ruminales, como resultado de la competencia entre éstos y las bacterias por la utilización de sustratos y la particular habilidad de los protozoarios de ingerir granos de almidón y bacterias (Jouany, 1994). Mendoza (1991) menciona que en presencia de protozoarios ciliados se reduce significativamente la actividad amilolítica en el rumen, se observa menor digestión del almidón en el ambiente ruminal y por consiguiente se reducen los cambios drásticos en el pH.

Existen varios factores que afectan a la respuesta productiva de las vacas a la suplementación con SC, tales como el tipo de forraje que consume la vaca, la relación concentrado-forraje (Piva *et al.*, 1993), la etapa de lactación (Erasmus *et al.*, 1992), el tipo de cepa (Alshaiikh *et al.* 2002). Kung *et al.* (1997) sugirieron que las levaduras vivas son activas en el rumen, al menos por un corto tiempo, modificando de este modo la fermentación ruminal y estimulando el crecimiento microbiano (Erasmus *et al.*, 2005). Estos cambios a menudo se asocian con un aumento de la digestibilidad de la fibra (Guedes *et al.*, 2008), lo que supone aumenta la tasa de pasaje en el rumen y por lo tanto mejora la ingesta de materia seca y aumenta la productividad de leche.

2.8. Efectos de la adición de *S. cerevisiae* en la fermentación ruminal

Actualmente los cultivos de levaduras basados en *Saccharomyces cerevisiae* son utilizados extensamente en la formulación de dietas para rumiantes. Los productos disponibles varían ampliamente de acuerdo a la cepa utilizada de *Saccharomyces cerevisiae* en el número y la viabilidad de las células de la levadura presente. Se ha observado que no todas las cepas de levaduras son capaces de estimular la fermentación en el rumen (Newbold *et al.*, 1996). Estas diferencias no fueron relacionadas con el número de las células viables de la levadura en las preparaciones, aunque su capacidad de estimular la fermentación en el rumen se puede relacionar con las diferencias en la actividad metabólica (Nisbet y Martín, 1991; Miller-Webster *et al.*, 2002).

Los cultivos de levaduras en el rumen pueden ofrecer un cambio alterno de transferencia de hidrógeno diferente a la liberación de metano al canalizar hidrógeno molecular en lugar de perderlo como metano, lo cual genera un ahorro potencial de hasta el 12% del consumo de energía digerible. Las dietas suplementadas con levaduras han registrado reducciones de hasta el 28% en la producción de metano *in vivo*, y del 50% en sistemas artificiales de fermentación. Las respuestas de producción atribuidas a la adición de *Saccharomyces cerevisiae*, se asocian a la estimulación de las bacterias celulolíticas y las que utilizan lactato, al incremento de la digestión de la fibra y al incremento en el flujo de proteína microbiana del rumen al duodeno, lo cual puede ser más benéfico cuando los animales reciben dietas altas en concentrado (Yoon y Stern, 1996; Beauchemin *et al.*, 2003).

De acuerdo a las investigaciones realizadas por Martín y Nisbet (1992), el incremento de recuentos bacterianos parece ser la acción central de la levadura, conduciendo a un aumento en la velocidad de degradación de la fibra y en el flujo de la proteína microbiana del rumen. Los efectos positivos de este tipo de cultivos sobre la población microbiana del rumen, pueden explicar algunos de sus efectos sobre la digestibilidad y estabilidad del entorno ruminal (Wiedemeier *et al.*, 1987).

Existen diversas teorías para explicar el incremento de los microorganismos en el rumen debido al cultivo de levadura. Una de éstas teorías sugiere que un pH ruminal más alto propicia poblaciones más grandes de bacterias celulolíticas

(Harrison *et al.*, 1988) y consecuentemente mejora la digestibilidad de fibra y proteína, consumo de materia seca y con esto la producción.

Resultados de investigaciones de dietas que incluyeron *S. cerevisiae* realizadas por Harris *et al.* (1992) y Mutsvangwa *et al.*, (1992), utilizando forrajes en el ganado, tuvieron incrementos en el consumo de alimento; sin embargo, Abd El-Ghani (2004) y Stella *et al.* (2007) observaron incremento en la producción de leche.

Robinson (2002) encontró cambios en el pH ruminal, así una mayor concentración de ácidos grasos volátiles y por lo tanto un incremento en la digestibilidad de la materia orgánica. Sin embargo, Lescoat *et al.* (2000) no observaron influencia de *S. cerevisiae* en el pH ruminal y no se incrementó la digestibilidad de la materia orgánica, pero si observo cambios en la concentración de ácidos grasos volátiles.

En estudios realizados por Andrighetto *et al.* (1993), se ha registrado que *S. cerevisiae* incrementa la concentración de AGV totales; sin embargo, no se afectaron las proporciones de ácido acético y propiónico; por otra parte, Gedek *et al.* (1993), Plata *et al.* (1994), Kumar *et al.* (1994), Robinson y Garrett (1999), Arcos *et al.* (2000) mencionan que *S. cerevisiae* no modifica la fermentación ruminal por efecto de la adición de levadura en la dieta de los animales.

Crosby (1995) indica que no existe respuesta al cultivo de levadura sobre la fermentación y digestibilidad ruminales debido a que no encontró efecto sobre el pH ruminal, N-NH₃, tasa de fracción de flujo, volumen ruminal, concentración de ácidos grasos totales, y la digestibilidad total aparente de la materia seca, fibra detergente ácida y fibra detergente neutro.

2.9. Mecanismos de acción de *S. cerevisiae* para incremento de digestibilidad en el rumen

Owens *et al.* (1998), Kleen *et al.* (2003) y Sauvant *et al.* (2006) propusieron que posiblemente los mecanismos de acción de las levaduras que aumentan la digestibilidad pueden atribuirse a lo siguiente: 1) Cambio en la flora bacteriana por competencia y estimulación del crecimiento, por medio del aumento de la actividad celulolítica y alteración de la síntesis microbiana, 2) Modulación del ambiente ruminal evitando fluctuaciones en el pH ruminal, 3) Reducción de la

actividad de las bacterias metanogénicas, 4) Optimización de la absorción de minerales, 5) Son fuente de nutrientes y productos esenciales como aminoácidos, vitaminas y enzimas, 6) Incremento en metabolitos como ácidos grasos volátiles a causa de una mayor actividad bacteriana, 7) Disminución de la concentración del nitrógeno amoniacal, 8) Modifican el perfil de aminoácidos en el flujo duodenal, 9) Incrementan la proteína sobrepasante, 10) Incrementan el consumo voluntario de los animales, 11) Disminuyen la concentración de ácido láctico y 12) Incrementan la degradabilidad de la fibra. Las características de *S. cerevisiae* permiten eliminar el oxígeno del ambiente ruminal, con lo que se facilita el crecimiento de bacterias anaeróbicas estrictas, es decir de bacterias celulolíticas (Semptey y DeVisscher 1991; McLeod *et al.*, 1991); que promueven la degradación de la pared celular (Galloway *et al.* 1991 y Dawson 1992); y estimulan el crecimiento de bacterias que utilizan lactato y digieren celulosa (Callaway y Martín 1997); por lo tanto, incrementan la digestibilidad de la dieta, así como la relación acético-propiónico (Plata *et al.*, 1994).

2.10. Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* (SC) en la respuesta productiva

El uso de SC como estrategia alimenticia ha tenido efectos positivos, así por ejemplo Rivaset *al.*(2008) y Kim *et al.*, (2006) encontraron un incremento sobre la producción de leche en vacas Holstein de 1.57 kg de leche al adicionar 10 g de SC en la dieta, aun cuando las vacas estaban consumiendo una dieta desbalanceada, con una relación de 30:70 de forraje – concentrado. Lo cual se explica principalmente por la adición de SC, que reduce las fluctuaciones de pH (Dolezal *et al.*, 2005; Desmond, 2006), mejora la producción de ácidos grasos volátiles, incrementa la utilización del amonio, modifica la proporción de protozoarios en el rumen (Dolezal *et al.*, 2005) y reduce el contenido de oxígeno presente en el rumen, acciones que en conjunto mejoran el ambiente ruminal, con la consecuente respuesta animal de un mayor consumo de materia seca, mayor disponibilidad de energía e incremento en la producción de leche, menor pérdida de peso corporal y mantenimiento de la condición corporal (Erasmus *et al.*, 2005). La adición de SC proporciona factores que estimulan el crecimiento de bacterias celulolíticas y digestión de la celulosa (Callaway y Martin, 1997).

Algunos autores como Dann *et al.*, (2000); Erasmus *et al.*, (2005); Robinson y Garret, (1999) lograron incrementos en el consumo de alimento y en la producción de leche en vacas durante el periodo de transición y al inicio de la lactancia. Sin embargo, Swartz *et al.* (1994) no encontraron aumentos tanto en el consumo de materia seca como en la producción de leche.

Aumentos de 1 kg de leche por día han sido reportados por Robinson y Garrett, (1999) en vacas productoras de leche, asociados con la suplementación de SC, además encontraron que los cultivos de levaduras tenían mayor efecto cuando las dietas ofrecidas contenían 60% de concentrado y 40% de forraje. Campanile *et al.* (2008) concluyeron que la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* aumentó la digestibilidad de la materia orgánica lo que permite una disponibilidad de energía más alta para la producción de leche.

Sin embargo, algunos investigadores como Schingoethe *et al.*(2004), Bagheri *et al.*(2009) no encontraron incrementos en la producción de leche utilizando SC, así como tampoco se incrementó el consumo de alimento. Esta situación se explica porque la adición de SC en las dietas en vacas aumento la concentración de bacterias que degradan la celulosa en el rumen, pero no afectaron a la digestión de la fibra total y por lo tanto el consumo de materia seca no se incrementó.

Yalcin *et al.* (2011), Soder and Holden, (1999), Schingoethe *et al.* (2004), Stella *et al.* (2007), Bagheri *et al.*(2009), Bruno *et al.*(2009), no encontraron incrementos en la condición corporal al adicionar *S. cerevisiae* en la dietas, sin embargo Giger-Reverdin *et al.* (1996), reportan incrementos en la condición corporal en cabras, con la adición de SC.

La suplementación de levadura aumentó el consumo de materia seca en los últimos siete días de gestación y en los primeros 42 días de lactancia. La suplementación con SC reflejo una menor pérdida de peso y un menor uso de las reservas de energía del cuerpo para la producción de leche durante la lactancia temprana. Lo que sugiere la suplementación con levadura puede ser más eficaz durante el periodo de transición y la lactancia temprana (Dann *et al.*, 2000).

Utilizaron 36 vacas Holstein con 300 días de lactación, produciendo una media de 18 kg de leche en promedio y la adición de 5 g de SC, no encontraron incrementos en la producción de leche y en el consumo de alimento, así como la composición de la leche.

II. JUSTIFICACIÓN

La alimentación en las unidades campesinas productoras de leche así como las diferentes explotaciones existentes en México, tienen una gran importancia los costos de producción, ya que gran parte del ingreso por la venta de leche es destinado para la compra o producción de forrajes que sirven para alimentar al ganado.

Una estrategia para mejorar las condiciones de producción es la utilización del pastoreo como una alternativa para disminuir la dependencia de insumos externos, reducir los costos de alimentación, de manera que los ingresos que se obtienen de esta actividad sean cada vez mejores para los productores y que esto contribuya al mejoramiento de las condiciones de vida de los productores campesinos dedicados a esta actividad. Otra es la utilización de aditivos alimenticios que son importantes en la alimentación de rumiantes. *Saccharomyces cerevisiae* como aditivo en la nutrición animal ha sido investigada ampliamente; sin embargo, los resultados obtenidos son variables y poco repetibles, posiblemente debido a la gran diversidad de dietas ofrecidas a los animales en estudio, a las diferentes cepas de levadura y a la diferente cantidad suministrada a los animales. Esta estrategia de producción esta implementada en el sur del Estado de México, por lo cual es importante documentar que es lo que pasa con la producción de leche, como se encuentra la producción de forraje y la calidad de estas praderas, que son la base de la alimentación del ganado en esta región. El pasto en las praderas de los productores de leche en los sistemas de producción de leche en pequeña escala en el sur del Estado de México, es importante debido a que este es la base de la alimentación del ganado, sin embargo, en la región no se ha evaluado su producción, calidad nutritiva y la repuesta productiva de las vacas alimentadas con estos pastos y una dieta basal.

IV. HIPOTESIS

Existen diferencias significativas entre las praderas a través de un año de evaluación, utilizadas con pastoreo continuo por vacas lecheras en unidades de producción campesina en el sur del Estado de México.

Existen diferencias significativas en la respuesta productiva de vacas a diferentes estrategias de alimentación y si estas estrategias serán diferentes entre ellas.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Evaluar diferentes estrategias de alimentación en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el sur del Estado de México, así también determinar la calidad nutritiva y agronómica de los pastos.

5.2. Objetivos específicos

Evaluar la calidad de la leche con las diferentes estrategias de alimentación de vacas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el sur del Estado de México.

Determinar la composición química y agronómica de tres especies de pasto, así como la respuesta productiva de las vacas en pastoreo.

VI. MATERIALES Y MÉTODO

6.1. Localización del sitio experimental

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Zacazonapan, que se localiza en la zona geográfica sur del Estado de México, las coordenadas geográficas son entre los paralelos 19° 00' 17" y 19° 16' 17" de latitud norte y del meridiano 100° 12' 55" al meridiano 100° 18' 13" de longitud oeste. Se ubica a una altura media de 1,470 metros sobre el nivel del mar. El clima predominante es el cálido, subhúmedo. La temperatura media anual es de 23° C, la máxima anual de 31°C y la mínima anual de 15°C. La precipitación es de 1,800 milímetros anuales, presentándose vientos en mayo y esporádicamente en agosto y septiembre. (Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica, 1980).

6.2. Características de las praderas

Se utilizaron tres praderas con una superficie aproximada de 4 ha cada una, con pastoreo continuo de vacas multíparas. En cada pradera estaba establecido una especie diferente de pasto y los pastos que predominaban fueron: *Cynodon plectostachyus* (8 vacas Holstein por ha), *Paspalum notatum* (8 vacas Cebú x Pardo Suizo por ha) y *Brachiaria decumbens* (8 vacas Cebú x Pardo Suizo por ha). Las variables agronómicas evaluadas a medir fueron: altura, acumulación neta de forraje (ANF), relación vivo-muerto, relación tallo-hoja, además de los análisis químicos de las tres especies de pasto.

6.3. Medición de la altura de la pradera

Se realizaron mediciones de las praderas cada 28 días de acuerdo con la técnica de plato ascendente descrita por Hodgson (1994). En este trabajo se realizó una medición cada 20 pasos y en cada pradera se realizaron 30 mediciones en zigzag.

6.4. Acumulación Neta de Forraje (ANF)

En cada pradera se colocaron al azar 6 jaulas de exclusión de acuerdo al método propuesto por Hodgson (1994), con el objeto de medir la ANF. Cada 28 días se realizó un corte dentro y fuera de cada jaula, para lo cual se utilizó un cuadrante de 1.20 x 0.60 m para cortar el forraje que se encuentra dentro del cuadrante. En el día cero de medición, la jaula se colocó al azar en la pradera,

posteriormente se realizaron cinco mediciones de altura a un costado de la jaula, cuidando que las características del área fueran similares a las del área excluida por la jaula, posteriormente, se colocó el cuadrante de metal de 0.25 m² y se procedió a cortar todo el forraje a ras de suelo con tijeras de esquila que se encontró dentro del cuadrante colocado en un sitio contiguo a la jaula de exclusión.

En el día 21, se retiró la jaula y se realizaron cinco mediciones de altura dentro del área de exclusión y se procedió a cortar todo el forraje a ras de suelo, utilizando el mismo cuadrante, este procedimiento se repitió por 11 periodos más. El material cortado se pesó y colocó en bolsas de plástico previamente identificadas para su envío y procesamiento en el laboratorio. La ANF se calculó mediante la fórmula (1).

$$ANF(kgMS/ha)=MSi-MSf-----(1)$$

Donde ANF = acumulación neta de forraje (kg MS ha⁻¹), MSi = peso promedio inicial fuera de la jaula del día cero (kg MS ha⁻¹), MSf = peso promedio final dentro de la jaula del día 28 (kg MS ha⁻¹).

6.5. Relación Vivo-muerto

De las muestras tomadas de las jaulas de exclusión, tres se utilizaron para determinar la relación vivo y muerto, se pesaron 25 g de muestra, se separó el material vivo del material muerto y se pesó por separado. Se consideró como material vivo aquel que presentó coloración verde y muerto aquel que no la presentó.

6.6. Relación tallo-hoja

Para obtener la relación tallo-hoja, se tomó una muestra de cada una de tres jaulas de exclusión por pradera, posteriormente se realizó una muestra compuesta de las tres jaulas y de esta se pesaron 25 g, de la cual se separaron los tallos de las hojas y se pesó cada una por separado. Este procedimiento se realizó cada 28 días.

6.7. Análisis químico del pasto

Se obtuvieron tres muestras de cada una de las especies de pastos mediante la técnica de pastoreo simulado, el cual consiste en cortar el forraje con la

mano a una altura similar a la que el animal consume al momento del pastoreo, en los sitios donde recientemente el animal pastoreo. Esta muestra se secó en una estufa a 60°C hasta obtener su peso constante, se molió y se determinó el contenido de materia seca, cenizas (por incineración en una mufla a 600°C) y materia orgánica, posteriormente se determinó la digestibilidad de la materia orgánica (dMO) a través del método Daysi (Ankom technology, 2004), el contenido de nitrógeno se obtuvo mediante el método Kjeldahl (AOAC, 1990), el resultado se multiplicó por el factor 6.25 (AFRC, 1993) para obtener el contenido de proteína cruda (PC). El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinó mediante el método ANKOM, utilizando la técnica Van Soest *et al.* (1994). La energía metabolizable de los concentrados y de las especies de pasto se calculó con la fórmula (2) del AFRC (1993)

$$EM \text{ (MJ/kgMS)} = (\text{dMO})(0.0157) \text{-----}(2)$$

6.8. Desarrollo de los experimentos

Los experimentos se realizaron en tres unidades de producción, en cada una se llevó a cabo un experimento con un arreglo experimental de cuadro latino 4X4, donde los factores fueron cuatro vacas tipo Holstein o cruce de cebú con suizo multíparas y en primer tercio de lactación y 4 periodos de evaluación; y como tratamientos, se utilizó un concentrado experimental (CEXP) compuesto por: 60% maíz, 28% Canola, 10% melaza y 2% urea, más pastoreo y agua a libre acceso. Para cada uno de los experimentos se utilizaron diferentes niveles de suplementación del concentrado experimental y el concentrado comercial como testigo. El CEXP fue formulado para suplir la mayor parte de las necesidades de energía y proteína metabolizable que probablemente no sean aportados por el pasto. Los periodos experimentales tuvieron una duración de 21 días cada uno, de los cuales los primeros catorce días fueron de adaptación a la dieta y los siguientes siete días fueron de evaluación y recolección de muestras. Las vacas se mantuvieron en condiciones de pastoreo con libre acceso a agua, se ordeñaron manualmente una vez al día (08:00 horas.), momento que se aprovechó para proporcionar los tratamientos; así como también, para el pesado de la leche. La leche ordeñada fue pesada en una

báscula de reloj. Las vacas fueron pesadas al inicio y al final de cada periodo experimental para lo cual se utilizó una báscula de barras (Gallager). La condición corporal se evaluó aplicando la metodología descrita por Ferguson *et al.* (1994), el cual utiliza una escala del 1 al 5, donde 1 es demasiado flaca y 5, obesa, esta se evaluó al inicio y al final de cada periodo experimental. Las variables evaluadas fueron: producción diaria de leche, peso de las vacas al inicio y al finalizar cada periodo experimental, condición corporal. Además se tomaron muestras de leche para realizarles los análisis de proteína y grasa en leche, las cuales fueron determinadas utilizando el ecomilk.

6.8.1. Experimento 1

En el experimento 1 (EXP1), se trabajó con cuatro vacas tipo Holstein, con un peso aproximado de 428 ± 22 kg, las vacas se mantuvieron en estado de pastoreo en una pradera que tenía establecido el pasto *Cynodon plectostachyus* los tratamientos fueron: T1= 3 kg del CEXP +3 kgMS de sorgo verde, T2= 2 kg del CEXP+3 kgMS de sorgo verde, T3= 2 kg del CEXP+10 g de *Saccharomyces cerevisiae*+3kgMS de sorgo verde y T4= 3 kg del concentrado comercial del productor+ 3kgMS de sorgo verde.

6.8.2. Experimento 2

Para el experimento 2 (EXP2), se trabajó con cuatro vacas cruce de cebú con pardo suizo con un peso aproximado de 402 ± 16.2 kg, que pastoreaban una pradera que tenía establecido el pasto *Paspalum notatum* y los tratamientos fueron: T1= 3 kg del CEXP +2 kgMS de rastrojo de maíz con grano, T2= 2 kg del CEXP+2 kgMS de rastrojo de maíz con grano, T3= 2 kg del CEXP+10 g de *Saccharomyces cerevisiae*+2 kgMS de rastrojo de maíz con grano y T4= 3 kg del concentrado comercial del productor.

6.8.3. Experimento 3

En el experimento 3 (EXP3) se trabajó con cuatro vacas cruces de cebú con pardo suizo con un peso aproximado de 412 ± 18.5 kg, que pastoreaban una pradera de *Brachiaria decumbens* y los tratamientos fueron los siguientes: T1= 3 kg del CEXP +3 kgMS de ensilado de maíz, T2= 2 kg del CEXP+3 kgMS de ensilado de maíz, T3= 2 kg del CEXP+10 g de *Saccharomyces cerevisiae*+3 kgMS de ensilado de maíz y T4= 3 kg del concentrado comercial del productor+3 kgMS de ensilado de maíz.

6.9. Diseño experimental

Para el caso de la respuesta productiva se llevó a cabo un arreglo estadístico de cuadro latino 4X4 (Steel y Torrie, 1997), donde las vacas fueron las filas y los periodos las columnas. El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y = \mu + B_i + F_j + M_k + e_{ijk}$$

Dónde:

Y= Variable respuesta

μ = Media general

B=Efecto de los periodos en los bloques (i= I, II, III, IV)

F=Efecto de las vacas en las filas (j= 1, 2, 3, 4)

M= Efecto de los tratamientos (k= T1, T2, T3, T4)

e= Efecto del error residual

Para el caso de las praderas se utilizó un diseño de bloques completos al azar (Steel y Torrie, 1997), se utilizó este modelo con el objeto de comparar el comportamiento entre las praderas y si el efecto de la época es el mismo entre las mismas, descrito en el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + B_j + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en tratamiento, bloque

μ = Media general

t= Efecto del tratamiento (i= 1,2, 3...12)

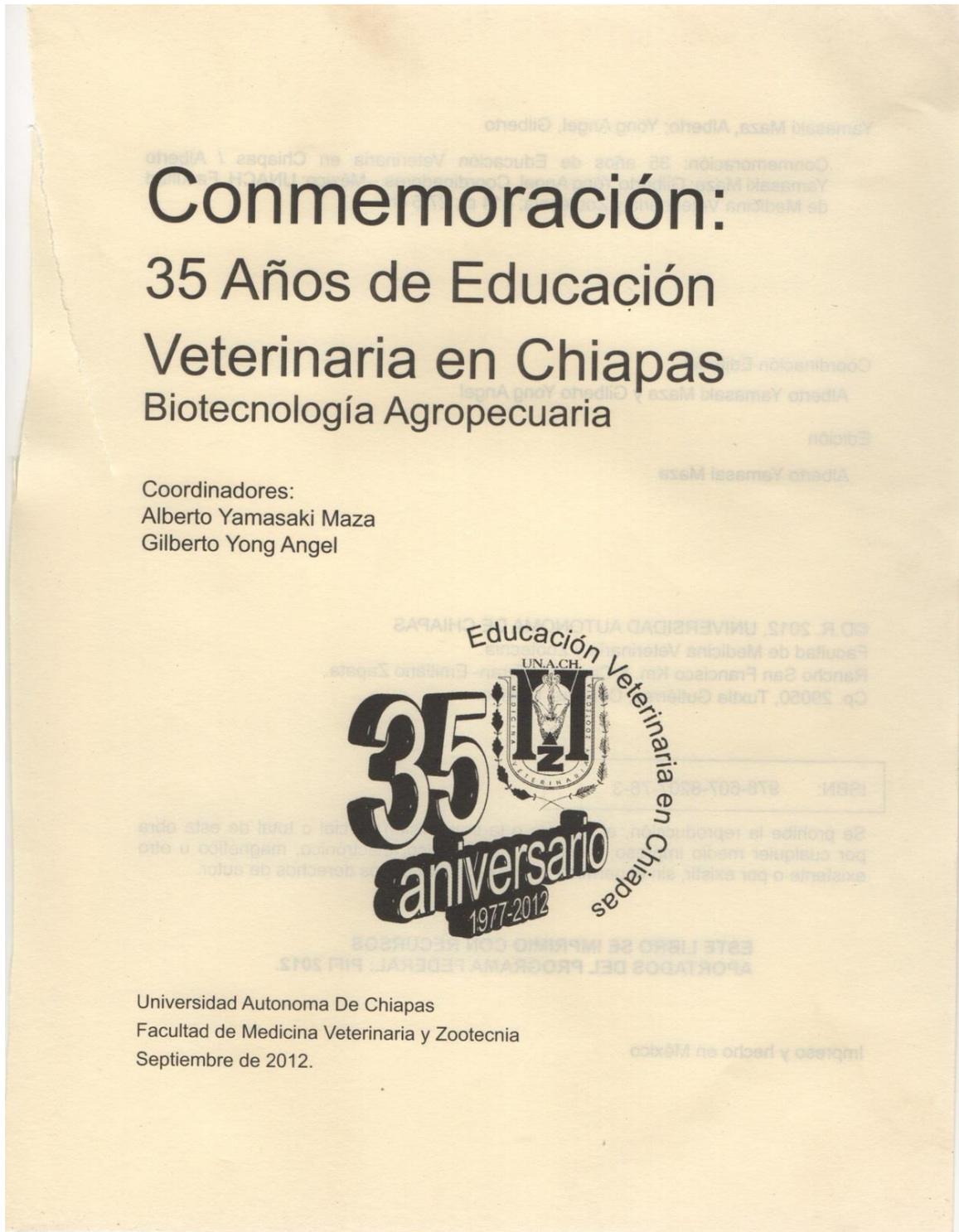
B= Efecto del bloque (j= 1, 2, 3)

E= Error aleatorio

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza con el paquete estadístico de Minitab v14 (2003), cuando se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) se aplicó la prueba de Tukey.

VII. RESULTADOS

7.1. Capítulo de libro



Yamasaki Maza, Alberto; Yong Angel, Gilberto

Conmemoración: 35 años de Educación Veterinaria en Chiapas / Alberto Yamasaki Maza; Gilberto Yong Angel, Coordinadores.--México: UNACH, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; 414 p.; 27.5 cm

Coordinación Editorial

Alberto Yamasaki Maza y Gilberto Yong Angel

Edición

Alberto Yamasai Maza

©D.R. 2012, UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Rancho San Francisco Km. 8 Carretera Teran- Emiliano Zapata.
Cp. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

ISBN: 978-607-8207-76-3

Se prohíbe la reproducción, el registro o la transmisión parcial o total de esta obra por cualquier medio impreso, mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético u otro existente o por existir, sin el permiso previo del titular de los derechos de autor.

**ESTE LIBRO SE IMPRIMIO CON RECURSOS
APORTADOS DEL PROGRAMA FEDERAL: PIFI 2012.**

Impreso y hecho en México

EVALUACIÓN DE UN CONCENTRADO EXPERIMENTAL Y LA INCLUSIÓN DE *Saccharomyces cerevisiae* EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE VACAS EN PASTOREO EN EL SUR DEL ESTADO DE MÉXICO.

López, G. F¹; Castelán, O. O. A²; Albarrán, P. B³; Sánchez, V. J. J¹; Colín, N. V¹; Estrada, F. J. G.^{1,*}

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. ³Centro Universitario Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México

jgestradaf@uaemex.mx

PALABRAS CLAVE: Producción de leche, respuesta productiva, *Sacharomyces cerevisiae*.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar un concentrado experimental y compararlo con el concentrado comercial con el propósito de observar la respuesta de las vacas en pastoreo, así mismo evaluar el efecto de la adición de *Sacharomyces cerevisiae* en la respuesta productiva y que efecto tenía sobre los componentes de la leche. Se trabajó con cuatro vacas multíparas, cruce de cebú con pardo suizo y en primer tercio de lactación, en un arreglo estadístico de cuadro latino 4X4. A las vacas se les suministro un concentrado experimental (CEXP) compuesto por: 60% maíz, 28% Canola, 10% melaza y 2% urea. Las variables a evaluar fueron: producción de leche, peso de las vacas, condición corporal, proteína y grasa en leche. Los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos ($P>0.05$) para las variables producción de leche, peso vivo de las vacas y condición corporal. Para las variables proteína y grasa en leche existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($P<0.05$), siendo el tratamiento 3 el que obtuvo menos cantidad de proteína con 29.70 g/kg, en cuanto a grasa los tratamientos 1, 2 y 3 son diferentes con respecto al tratamiento 4, cabe hacer mención que todos los tratamientos para esta última variable estuvieron por debajo de lo que marca la norma para grasa. Se concluye que el concentrado experimental aún con su nivel más bajo de

suplementación obtiene los mismos rendimientos de leche, mantiene en buen estado corporal a las vacas y que la adición de *Saccharomyces cerevisiae* no influyó ni en el rendimiento de leche ni en la mejora de los componentes de la leche.

INTRODUCCIÓN

Es bien conocido que pese a la enorme dotación de recursos forrajeros, la ganadería de los trópicos enfrenta agudos problemas relacionados con la cantidad de forraje disponible en particular durante la prolongada época de estiaje (Rivas y Holmann, 2002). Así mismo durante este periodo las gramíneas tropicales poseen una baja calidad energético-proteica y su estructura ofrece una pobre densidad de hojas verdes lo que afecta la eficiencia de la cosecha por parte del animal ocasionando un déficit de proteína y energía digestible (Garmendia, 2005; Faría, 2006). Este fenómeno ha obligado a los pequeños productores a complementar la materia seca, la energía y la proteína deficitaria de sus sistemas de producción mediante la compra de forrajes y alimentos concentrados comerciales, comprometiendo la rentabilidad y la sostenibilidad económica de sus explotaciones.

El propósito de la suplementación en vacas lecheras en pastoreo es aumentar el consumo total de MS y el consumo de energía en comparación con aquellos obtenidos con solo pastura (Peyraud and Delaby, 2001; Stockdale, 2000). A nivel de sistema de producción, uno de los objetivos principales de la suplementación es optimizar la rentabilidad por vaca y por unidad de superficie (Kellaway and Porta, 1993; Fales *et al.*, 1995). Específicamente Kellaway and Porta (1993) mencionan que la suplementación incluye: 1) aumentar la producción de leche por vaca, 2) aumentar la carga y la producción de leche por unidad de superficie, 3) mejorar el uso de la pastura a través de mayores cargas, 4) mantener o mejorar el estado corporal en épocas de limitaciones de pastura para mejorar la reproducción, 5) aumentar el periodo de la lactancia en épocas de limitaciones de pastura, y 6) aumentar el contenido de proteína en leche a través de la suplementación energética.

Por otra parte el uso de levaduras en la alimentación del ganado se ha sugerido como una alternativa para lograr incrementar la respuesta productiva por parte de los animales, las levaduras son microorganismos que se ubican dentro del grupo que corresponden los probióticos. Según Dawson (1993), los probióticos son aditivos no nutritivos, los cuales contienen diferentes preparaciones de levaduras (muertas, de panificación y los cultivos de levaduras) con efectos diversos sobre la actividad ruminal: tasa de digestibilidad de los componentes de la dieta, porcentaje de degradabilidad del forraje, cambios en el patrón de fermentación ruminal, modificación del pH ruminal, cambios en el número de microorganismos del rumen e interacción de las bacterias – dieta (Wohlt et al., 1998).

Dawson y Girard (1997) encontraron resultados positivos con el uso de 10 g/vaca/día de *Saccharomyces cerevisiae*, dosis que garantiza un mínimo de 10^8 unidades formadoras de colonias (UFC)/g; capaz de mantener 5×10^8 a 10×10^8 UFC/g en el rumen con 50 litros de fluido, lo que representa por lo menos 10^4 UFC/ml de fluido ruminal.

El Municipio de Zacazonapan se localiza en el Sur del Estado de México, y destaca en la región por la importante producción de leche, La alimentación en cualquier sistema de producción de leche es fundamental, ya que ésta representa hasta el 70% de los costos de producción, y de estos los concentrados representan la mayor proporción. En este municipio durante la época de secas la producción de leche se basa casi en su totalidad en el uso de concentrados (6 y 8 kg/vaca/día), los forrajes cubren una cantidad mínima de las necesidades nutricionales de los animales en esta época, por lo cual los costos de producción se incrementan considerablemente impactando directamente en la economía de los productores, de manera particular en la época de estiaje. Sin embargo, se desconoce si se cubren los requerimientos de energía y proteína por parte de los animales o si se les da en exceso, por lo tanto el presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar un concentrado experimental y contrastarlo con el concentrado comercial con el propósito de observar la respuesta de las vacas en pastoreo, así mismo evaluar el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* en la respuesta productiva y su efecto sobre los componentes de la leche.

MATERIALES Y MÉTODO

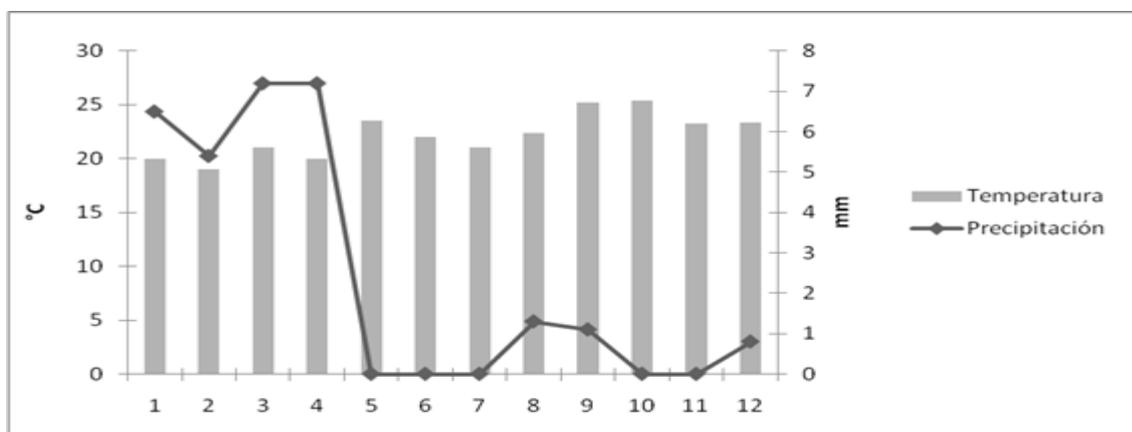
Localización del sitio experimental

La zona de estudio es el municipio de Zacazonapan que se localiza en la zona geográfica sur del Estado de México, se encuentra entre las coordenadas geográficas 19° 00' 17" y 19° 16' 17" de latitud norte y del meridiano 100° 12' 55" al meridiano 100° 18' 13" de longitud oeste. Se ubica a una altura media de 1,470 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 23° C, (Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica, 1980). El experimento se llevó a cabo en una unidad campesina de producción de leche, que contaba con vacas F1 cruce de cebú con pardo suizo.

Condiciones climatológicas

El clima de la zona de estudio se clasifica como A (C) wg, semicálido con lluvias en verano (García, 1981). La Figura 1 presenta las temperaturas y precipitaciones promedio registradas semanalmente de 8 de Febrero a 8 de mayo de 2010 en la zona donde se llevó a cabo el experimento.

Figura 1. Temperatura y precipitación de febrero a mayo de 2010 en Zacazonapan, Estado de México.



Desarrollo del experimento

El experimento se llevó a cabo en una finca de producción de leche bajo un arreglo experimental de cuadro latino 4X4, donde los factores fueron cuatro vacas tipo cruce de cebú con pardo suizo multíparas y en primer tercio de lactación y cuatro periodos de evaluación. Como tratamientos se utilizó un concentrado experimental (CEXP) compuesto por: 60% maíz, 28% Canola, 10% melaza y 2% urea, más pastoreo y agua a libre acceso. Se utilizaron

diferentes niveles de suplementación del concentrado experimental y el concentrado comercial como testigo. Se trabajó con cuatro vacas cruza de cebú con pardo suizo, con un peso aproximado de 422 ± 20.2 kg, que pastoreaban una pradera que tenía establecido el pasto *Paspalum notatum* y los tratamientos fueron: T1= 3 kg del CEXP +2 kgMS de rastrojo de maíz con grano, T2= 2 kg del CEXP+2 kgMS de rastrojo de maíz con grano, T3= 2 kg del CEXP+10 g de *Saccharomyces cerevisiae*+2 kgMS de rastrojo de maíz con grano y T4= 3 kg del concentrado comercial del productor. El concentrado experimental (CEXP) fue formulado para suplir la mayor parte de las necesidades de energía y proteína metabolizable que probablemente no sean aportados por el pasto. Los periodos experimentales tuvieron una duración de 21 días cada uno, de los cuales los primeros catorce días fueron de adaptación a la dieta y los siguientes siete días fueron de evaluación y recolección de muestras. Las vacas se mantuvieron en condiciones de pastoreo con libre acceso a agua, se ordeñaron manualmente una vez al día (08:00 hrs.), momento que se aprovechó para proporcionar los tratamientos; así como también, para el pesado de la leche. La leche ordeñada fue pesada en una báscula de reloj. Las vacas fueron pesadas al inicio y al final de cada periodo experimental para lo cual se utilizó una báscula de barras (Gallager). La condición corporal se evaluó aplicando la metodología descrita por Ferguson *et al.* (1994), el cual utiliza una escala del 1 al 5, donde 1 es demasiado flaca y 5, obesa, esta se evaluó al inicio y al final de cada periodo experimental. Las variables evaluadas fueron: producción diaria de leche, peso de las vacas al inicio y al finalizar cada periodo experimental, condición corporal. Además se tomaron muestras de leche para realizarles los análisis de proteína y grasa en leche, las cuales fueron determinadas mediante onda de ultrasonido por Milk Analyzer KAM98-2A (Damin, *et al.*, 2008).

Diseño experimental

El diseño experimental fue el siguiente: $Y = \mu + B_i + F_j + M_k + e_{ijkL}$, donde: Y= variable respuesta, μ = Media general, B= Efecto de los periodos ($j = I, II, III, IV$), F= Efecto de las vacas en las filas ($j = 1, 2, 3, 4$), M= Efecto de los tratamientos ($M = T1, T2, T3, T4$), e= Efecto del error residual (Steel y Torrie, 1997). Los resultados se analizaron con un análisis de varianza con ayuda del paquete

estadístico de Minitab V 14 (2003), cuando se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) se utilizó la prueba de Tukey.

Análisis químico de los pastos y concentrados

Se obtuvieron muestras de la pradera mediante la técnica de pastoreo simulado para cada uno de los períodos experimentales, estas muestras se secaron en una estufa a 60°C hasta obtener su peso constante, se molieron, posteriormente se determinó la digestibilidad de la materia orgánica (dMO) a través del método Daysi (Ankom technology, 2004), el contenido de nitrógeno se obtuvo mediante el método Kjeldahl (AOAC, 1990), el resultado se multiplicó por el factor 6.25 para obtener el contenido de proteína cruda (PC) según el AFRC (1993); el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinó mediante el método ANKOM, descrito por Holden (1999) utilizando la técnica Van Soest *et al.*, (1994). La energía metabolizable (ME) del concentrado y del pasto estrella se calculó mediante la fórmula (1) propuesta por el AFRC (1993), la cual estima la ME a partir de dMO

$$EM \text{ (MJ/kgMS)} = (\text{dMO})(0.0157) \text{-----}(1)$$

RESULTADOS Y DISCUSION

Características de los concentrados

En la composición química se observa que el concentrado experimental contiene una mayor cantidad de proteína cruda que los demás concentrados, lo cual trae beneficios si se toma en cuenta que las características del forraje que consumen las vacas en esta época del año es de baja calidad y por lo tanto este concentrado le puede aportar la cantidad de proteína necesaria para mantener la producción de leche, así como mantener a los animales en buen estado corporal. Además de que como es sabido la cantidad de fibra detergente neutro influye en el consumo voluntario del alimento y como se observa en el cuadro 1, esta es mayor en los concentrados comerciales y menor en el concentrado experimental. Por otra parte la cantidad de fibra detergente ácido se relaciona con la digestibilidad de la materia orgánica (Pérez *et al.*, 2001) y se observa que la fibra detergente ácido es mayor en los concentrados comerciales evaluados, por lo tanto el concentrado experimental presenta una mejor calidad nutritiva que los concentrados comerciales.

Además de que el costo de los concentrados comerciales es mayor que el concentrado experimental. Por otra parte los productores de la región tomando en cuenta la baja calidad y cantidad de forraje durante la época de secas se ven obligados a proporcionar además de concentrado otro forraje ya sea conservado o en fresco, cabe hacer mención que en la región existen productores que pueden tener riego tanto para las praderas como para la producción de otro tipo de forraje.

Cuadro 1. Características nutricionales de los concentrados y rastrojo de maíz con grano evaluado en el experimento en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el sur del Estado de México.

Concentrado	P. C.	FDN	FDA	dMO	EM	Costo/kg
	(g/kgMS)	(g/kgMS)	(g/kgMS)	(g/kgMS)	(MJ/kgMS)	(\$)
NU3 (exp2)	165.55	346.15	170.99	904.50	14.20	3.5
CEXP	180.08	228.87	100.66	948.61	14.89	3.20
Rastrojo de maíz	62.00	724.50	467.40	508.31	7.98	-

P.C= Proteína cruda; FDN= Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácido; dMO= Digestibilidad de la materia orgánica; EM= Energía metabolizable

Características del pasto *Paspalum notatum*

En el cuadro 2 se observan las características nutricionales del pasto *Paspalum notatum* que fue el pasto que consumían las vacas de este experimento, en este cuadro se observa que las características nutricionales para este periodo es malo, por lo tanto esta es una de las razones por las cuales los productores tienen que suplementar. Por otra parte se observa que la baja disponibilidad de forraje y la baja calidad de pasto en estos meses están determinadas en parte por la precipitación debido a que en estos meses son de secas en la región. En estos meses la cantidad de proteína cruda desciende de manera drástica; sin embargo, los valores de PC del pasto evaluado fueron superiores a los niveles reportados como críticos para pastos tropicales (7%) por Minson (1982), para satisfacer los requerimientos de nitrógeno por los microorganismos del rumen

y son considerados adecuados para pastos tropicales para evitar depresión de apetito y por consecuencia reducciones en el consumo del pasto en los animales. Mientras que el contenido de carbohidratos estructurales se incrementa, por lo tanto la digestibilidad del pasto disminuye, así como la energía metabolizable.

Los resultados de ANF de esta especie de pasto indican que existen restricciones en el consumo voluntario de pasto ya que según Mayne *et al.* (2000) una de las limitantes a las que se enfrentan los animales en pastoreo es la disponibilidad de forraje en la pradera, esto puede afectar de manera significativa el consumo que puedan tener los animales del forraje. La NRC (1987) menciona que para que exista un consumo máximo de forraje y los animales no tengan restricciones en el consumo, la ANF que debe existir en la pradera es de 2250 KgMsha, y que el consumo desciende en un 60% cuando la ANF es de 450 kgMSha. En este trabajo la mayor acumulación neta de forraje se presentó en el mes de mayo (500 KgMsha) que está muy por debajo de los parámetros del NRC, lo cual indica que la baja disponibilidad de forraje limitaba al animal para lograr el consumo máximo de forraje.

Cuadro 2. Características nutricionales y acumulación neta de forraje del pasto *Paspalum notatum*

Periodo	P. C (g/kgMS)	FDN (g/kgMS)	FDA (g/kgMS)	dMO (g/kgMS)	ANF (kgMS/ha)	EM (MJ/kgMS)
Feb	82.23	716.08	485.98	525.25	412.00	8.25
Mar	75.58	727.73	497.52	508.94	417.00	7.99
Abr	81.23	713.52	436.03	494.06	458.00	7.76
May	83.78	703.71	448.54	491.11	500.00	7.71

P.C= Proteína cruda; FDN= Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácido; dMO= Digestibilidad de la materia orgánica; EM= Energía metabolizable

Respuesta productiva

Los resultados de respuesta productiva se muestran en el cuadro 3, en el cual se observa que a pesar de que no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, se observa un incremento de 1 litro de leche con el

tratamiento 3 con respecto a los demás tratamientos, lo cual se puede atribuir a la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y al mayor contenido de proteína cruda que en términos generales presentó el concentrado experimental con respecto al concentrado comercial. Arambel y Kent (1990) no reportan efecto del *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de leche, resultados similares a los reportados en este trabajo. Alonzo *et al.* (1993) y Pitamic (1994) observaron un incremento en la producción de leche con la adición de *Saccharomyces cerevisiae*, esto se debe a la actividad benéfica de la levadura sobre la función ruminal, que trae como consecuencia un mayor consumo de materia seca, por lo tanto existe una mayor disponibilidad de energía e incremento en la producción de leche (Wallace y Newbold, 1993). Por otra parte Moallem *et al.*, (2009), encontraron un aumento de 1.5 kg en la producción de leche con la adición de *Saccharomyces cerevisiae*, resultados similares a los encontrados en este trabajo con el tratamiento 3.

Los resultados de producción de leche obtenidos en el T4 confirman la menor calidad del concentrado comercial empleado en este experimento, pues se observa que en general se obtienen producciones de leche similares en el nivel más alto de suplementación a las obtenidas con 2 kg del suplemento experimental.

Los resultados obtenidos en el experimento son diferentes a los encontrados por Ruiz y Rosario (2004), quienes obtuvieron producciones de leche de 18.9 a 20.5 kg de leche/vaca/día en vacas Holstein alimentadas con heno de bermuda y un concentrado a razón de 1kg de concentrado por cada 2.25 kg de leche producida, sin embargo es importante hacer notar que las vacas de este experimento son encastadas de cebú con pardo suizo y no de raza pura. Por otra parte, Randel y Fernández-Van Cleve (1988), obtuvieron resultados similares a los encontrados en el experimento, donde utilizaron un concentrado comercial que contenía 18% de PC, el cual fue proporcionado a razón de 1 kg de concentrado por 2.2 kg de leche producida, los resultados obtenidos fueron de 9.97 a 11 kg/día de leche.

Por otra parte el peso vivo de las vacas se mantuvo constante durante el experimento, esto se debe a que los niveles de suplementación y la calidad nutricional del pasto *Paspalum notatum* cubrieron los requerimientos de

energía y proteína que requerían los animales del experimento, estos resultados son similares a los reportados por Aguilar-Pérez *et al.*, (2001), quienes no encontraron diferencias significativas al suplementar vacas cruzadas con *Leucaena leucocephala* y sometidas a dos cargas de pastoreo de *Cynodon nlemfuensis*. Estos resultados son similares a los reportados por (Cárdenas *et al.*, 2002; Urdaneta, 2004 y Pulido *et al.*, 2007) quienes no encontraron diferencias significativas en peso vivo de las vacas al utilizar un suplemento.

Por otra parte Wohlt *et al.* (1998) establecen que la suplementación con levaduras durante el inicio de la lactancia, mejora significativamente el consumo de materia seca, la digestibilidad de la proteína cruda y fibra detergente ácida, que repercutió en una mejora en la condición corporal y una mejora en el peso de las vacas, estas características estaban presentes en este experimento.

Por otra parte la condición corporal no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$), resultados similares a los reportados por Dann *et al.* (2000) en vacas Jersey en clima templado y estabuladas, donde la adición de levaduras no afectó la condición corporal. Razz *et al.* (2004) obtuvieron respuestas similares a las encontradas en estos experimentos en vacas suplementadas con concentrado comercial y pastoreando *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*.

En cuanto a los componentes de la leche se observan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$). Los tratamientos 2 y 3 tuvieron una mayor cantidad de proteína en leche que los tratamientos 1 y 3, en cuanto a grasa los tratamientos que tuvieron los mayores rendimientos fueron los tratamientos 1 y 4. Esto se debe a que todas las vacas se encontraban en primer tercio de lactación, el cual según algunos autores como influyen en la cantidad de proteína y grasa en leche (Andrade *et al.*, 2011).

Cuadro 3. Respuesta productiva y calidad de la leche de vacas cruza de cebú con pardo suizo a diferentes niveles de suplementación.

Tratamiento	Peso leche (kg)	Peso vaca	Condición corporal (1-5)	Proteína en leche (g/kg)	Grasa en leche (g/kg)
1	6.65 ^a	427 ^a	1.5 ^a	33.01 ^a	28.01 ^a
2	6.56 ^a	413 ^a	1.3 ^a	32.21 ^a	28.06 ^a
3	7.71 ^a	415 ^a	1.3 ^a	29.70 ^b	28.50 ^a
4	6.20 ^a	422 ^a	1.5 ^a	32.02 ^a	26.31 ^b
EEM	1.04	13.35	0.1	0.7	3.4

Literales diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

T1= 3 kg del CEXP +2 kgMS de rastrojo de maíz con grano, T2= 2 kg del CEXP+2 kgMS de rastrojo de maíz con grano, T3= 2 kg del CEXP+10 g de *Sacharomyce cerevisiae*+2 kgMS de rastrojo de maíz con grano y T4= 3 kg del concentrado comercial del productor+2 kgMS de rastrojo de maíz con grano, EEM= Error estándar de la media

CONCLUSIONES

La adición de *Saccharomyces cerevisiae* no afectó de manera significativa la producción de leche, la condición corporal y el peso de las vacas en los tres experimentos, tampoco mejoró los componentes químicos de la leche.

La cantidad de concentrado adecuada para este tipo de vacas es de 2kg de concentrado diario, debido a que la producción de leche no se incrementa dándoles 3 kg, de la misma manera no mejora la condición corporal de las vacas, así como el peso de las vacas.

LITERATURA CITADA

AFRC. 1993. Energy and Protein Requeriments for Rumians. An advisory manual prepared by the AFRC tenchinal committee on response to nutrients, CAB International, Wallinford, UK, 159 pp.

Aguilar-Pérez, C. F., Cárdenas-Medina, J. V., Santos-Flores, J. S. (2001). Efecto de la suplementación con *leucaena leucocephala* sobre la productividad de vacas cruzadas, bajo dos cargas de pastoreo. Livestock Research for Rural Development (13) 4.

Alonzo, R., E. Mirales and J. Killon. 1993. Effect of viable yeast culture on milk yield of Holstein cows and weight gain calves at 90 days. J. Anim. Sci. 71 (Suppl. 1): 289.

Andrade, B. R. J., Pulido, M. M. O., Porrás, V. J. L. 2011. Efecto del amamantamiento restringido y la crainza artificial sobre la concentración de grasa en la leche de vacas Holstein cruzadas. Revista científica, FCV (LUZ) (21) 156-161.

Ankom Technology. 2004. In vitro true digestibility using the DAISY II incubator. Consultado en World Wide Web. <http://www.ankom.com/09procedures/daiy>.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed Association of Official Agricultural Chemists, Washington.

Arambel, M. J. and B. A. Kent. 1990. Effect of yeast culture on nutrient digestibility and milk yield response in early to midlactation dairy cows. J. Dairy Sci. 73:1560.

Cárdenas, M. A., Godoy, S., Obispo, N. E. and Chico, C. F. 2002. *Sustitución total del maíz por el germen desgrasado y afrecho de maíz en la dieta de vacas lecheras.* Zootecnia Tropical. 20(2):247-258.

Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica. 1980. Estado de México. Escala 1:500 000. Coordinación de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. México D. F.

Damin, M. R., Minowa, E., Alcantara, M. R. and Oliveira, M. N. 2008. Effect of cold storage on culture viability and some rheological properties of fermented milk prepaed with yogurt and probiotic bacteria. Journal of Texture studies 39: 40-55.

Dann, H. M., J. K. Drackley, G. C. McCoy, M. F. Hutjens and J. E. Garrett. 2000. Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of Jersey cows. J. Dairy Sci. 83:123.

Dawson, K. A. 1993. The use of yeast culture in animals feeds: a scientific application of direct fed microbials and challenges of the future. En: T. P. Lyons (Ed.). Biotechnology in the Feed Industry, proceedings of Alltech's Ninth Annual Symposium. USA. p. 169.

Dawson, K. and Ivan D. Girard. 1997. Biochemical and physiological basis for the stimulatory effects of yeast preparations on ruminal bacteria. En: T. P.

Lyons (Ed.). *Biotechnology in the Feed Industry*, proceedings of Alltech's Ninth Annual Symposium. USA. p. 293.

Fales, S. L., L. D. Muller, S. A. Ford, M. O'Sullivan, R. J. Hoover, L. A. Holden, L. E. Lanyon, and D. R. Buckmaster. 1995. Stocking rate affects production and profitability in a rotationally grazed pasture system. *J. Prod. Agric.* 8:88-96.

Faría M.J. 2006. Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. X Seminario de Pastos y Forrajes. Univ. Zulia, Maracaibo. Venezuela. pp. 1-9.

Ferguson, J. D., Galligan, D. T. and Thomsen, N. 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77:2695.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. pp. 1-50.

Garmendia J. 2005. Suplementación estratégica de vacas doble propósito alrededor del parto. IX Seminario de Pastos y Forrajes. Univ. Nac. Exp. Táchira, San Cristóbal, Venezuela. pp. 112-129.

Holden, L. A. 1999. Comparison of methods of in vitro matter digestibility for ten feeds. *J. Dairy Sci.*, 2(8):1791-1794.

Kellaway, R., and S. Porta. 1993. Feeding concentrates supplements for dairy cows. Dairy Research and Development Corporation. Australia.

Mayne, C.S., Wright, L.A., Fisher G.E.J., 2000. Grassland management under grazing and animal response. In: A. Hopkins (ed), *Grass: Its Production and Utilization*, Third Edition, (British Grassland Society, London), 247–291.

Minitab (2003) v.14 user's guide II: data analysis and quality tools. Minitab, USA.

Minson, D. 1982. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. En: Hacker J. (Ed.). *Nutrition Limits to Animal Production from Pastures*. Farnham Royal G. CAB. p. 167-182.

Moallem U., Lehrer H., Livshitz L., Zachut M., and Yakoby S. 2009. The effects of live yeast supplementation to dairy cows during the hot season on production, feed efficiency, and digestibility. *Journal of Dairy Science* Vol. 92 No. 1.

- National Research Council (NRC)**, 1987. Predicting feed intake of food-producing animals. National Academy, Washington, D.C.
- Perez, P. J., Alarcón, Z. B., Mendoza, M. G. D., Bárcena, G. R., Hernández, G. A., Herrera, H. J. G.** 2001. Efecto de un banco de proteína de kudzú en la ganancia de peso de toretes en pastoreo de estrella africana. *Técnica Pecuaria en México*, (39):39-52.
- Peyraud, J. L., and L. Delaby.**2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. Page 203 *in* Recent Advances in Animal Nutrition. Garnsworthy, P. C., and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press.
- Pitamic, S.** 1994. Effect of yeast culture in diets fed dairy cows on energy balance, rumen fermentation and milk production in early lactation. In: Supplement to the proceedings of Alltech's 10th Annual Symposium Alltech Technical Publications. Nicholasville, KY.
- Pulido, R. G., Berndt, S., Orellana, P. and Wittwer, F.** 2007. Effect of source of carbohydrate in concentrate on the performance of high producing dairy cows during spring grazing. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 39(1):19-26.
- Randel, P. F., and J. Fernandez Van Cleve.** 1988. Confinement feeding of dairy cows based on stargrass as green chopped fodder or hay. *J. Agric. Univ. P. R.* 72 (2): 231-245.
- Razz, R., Clavero, T. and Combellas, J.** 2004 respuesta productiva y reproductiva de vacas doble propósito suplementadas con concentrado pastoreando *Panicum maximum* Y *Leucaena leucocephala*. *RC*, 14(6): 526-529.
- Rivas L. y F. Holmann.** 2002. Sistemas de doble propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América Latina Tropical. Curso Internacional de Actualización en el Manejo de Ganado Bovino de Doble Propósito. UNAM. Veracruz, México. pp. 1-38.
- Ruíz, T. M., and Rosario, L.** 2004. Forage quality of legume hays fed to dairy cows in the tropics. *J. Dairy Sci.* 87 (Suppl. 1): 52 (Abstr.).
- Steel, R. G. D. y Torrie, H.** 1997. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edición. McGraw-Hill, México. 539 p.

Stockdale, C. R. 2000. Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. *Aust. J. Exp. Agric.* 40:913-921.

Urdaneta, J. 2004. Uso de la caña de azúcar y follaje de *Gliricidia sepium* en la producción de leche y ganancias diarias de peso en la época seca. *Zootecnia Tropical*. 22(3):221-230.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and Lewis, B. A. 1994. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583.

Wallace, R. J. and C. J. Newbold. 1993. Rumen fermentation and its manipulation: the development of yeast cultures as feed additives. En: T. P. Lyons (Ed.). *Biotechnology in the Feed Industry Proceedings of Alltech's Ninth Annual Symposium*. USA. p. 173.

Wohlt, J. E., Corcione, T. T. and Zajac, P. K. 1998. Effect of yeast on feed intake and performance of cows fed diets based on corn silage during early lactation. *J. Dairy Sci.* 81:1345.

7.2. Artículo enviado a Animal Production Science

Dear Dr Estrada Flores

Your manuscript entitled 'Evaluation of the productive response of grazing cows at different supplementation levels and the addition of *Saccharomyces cerevisiae*' has been successfully submitted online and will be given full consideration for publication in *Animal Production Science*.

Your manuscript ID is AN14226. Please mention this manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions.

If there are any changes in your street address or email address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <http://mc.manuscriptcentral.com/csiro-an> and edit your details as appropriate. You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Centre after logging in.

Thank you for submitting your manuscript to *Animal Production Science*.

Sincerely,

Editorial Office, *Animal Production Science*

Evaluation of the productive response of grazing cows at different supplementation levels and the addition of *Saccharomyces cerevisiae*

F. López-González,^A J. J. Sanchez-Valdes,^A O. A. Castelán-Ortega,^B B. Albarran-Portillo,^C J. G. Estrada-Flores^{AD}

^AInstituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México.

^BFacultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México.

^CCentro Universitario Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México.

Instituto Literario 100, Colonia Centro, Toluca, Mexico, 50000.

^DCorresponding author. E-mail: jgestradaf@uaemex.mx

Abstract. The main objective of this study was to evaluate the productive response in grazing cows to supplementation with two concentrates, one experimental (CEXP) and another commercial, and to the addition of *Saccharomyces cerevisiae* (SC). A total of 4 cows were utilized; they were placed in a 4x4 Latin square design and offered a diet that consisted of 63% ground maize, 25% canola, 10% molasses and 2% urea. In addition the cows were given 3 kg of maize silage + free access grazing. The treatments were T1= 3 kg of CEXP; T2= 2 kg of CEXP; T3= 2 kg of CEXP + 10 g of SC; and T4= 3 kg of the producer's commercial concentrate. The experiment was divided into four periods consisting of 21 days each, occurring between February and May 2010. In addition chemical analysis was performed on *Brachiaria decumbens* grass during this same time span. The variables evaluated were milk weight, the animal's live weight and body condition score (BCS), and the protein and fat in the milk. In the results obtained, no differences were found ($P>0.05$) in the following variables: milk weight, liveweight and BCS. However, significant differences were found in the variables for protein and fat in milk.

Key words: body condition score, liveweight, milk production.

Introduction

Milk production in tropical regions in Mexico is based on the use of large amounts of commercial concentrates, up to 6 kg cow⁻¹ day⁻¹ (Pedraza-Beltran *et al.* 2011). However, this form of production is expensive and leaves farmers with a small financial margin. Maize silage is one of the most common forages offered as a supplement to dairy cows (Bargo *et al.* 2003). The response from dairy cows varies, however. Hernández-Mendo and Leaver (2006) reported only

beneficial effects when animals grazed at a lower forage height, when the availability of forage was low and the animals did not receive any other supplement. *Saccharomyces cerevisiae* has been used for improving ruminal fermentation, since it reduces pH fluctuations, improves the production of volatile fatty acids, increases the use of ammonium, modifies the proportion of protozoa in the rumen and reduces the oxygen content in the rumen (Dolezal *et al.* 2005). For these reasons the response from animals improves, dry matter intake increases, there is more energy available, milk production increases, there is less animal weight loss, and body condition score is maintained (Erasmus *et al.* 2005). Holtshausen and Beauchemin (2010) report a 0.90 kg increase in milk per day, when 5 g/day of SC is included. However, Santos *et al.* (2006) and Dann *et al.* (2000) did not find increases in milk production when they added 5 and 6 g/cow/day of SC. The objective of this study was to evaluate the effects from different supplementation rates and the inclusion of *Saccharomyces cerevisiae* on the productive response of grazing cows in a subtropical region of central Mexico.

Materials and methods

Experimental procedures

The experiment was conducted in a representative smallholder dairy farm (in the municipality of Zacazonapan, located in the southern region of the State of Mexico, Mexico, at 19°00'17'' and 100°12'55''). It lasted for 84 days, divided into four experimental periods of 21 days each, occurring between February and May 2010. Four cross-bred Zebu and Brown Swiss cows were utilized, with an average liveweight at the beginning of the experiment of 400 ± 22 kg. The cows were in the first third of lactation, and mean milk production was 6.2 ± 1.1 kg of milk cow⁻¹ day⁻¹. The cows were grazing in an established sward with *Brachiaria decumbens* grass. Cows were manually milked once a day (08:00), when treatments were supplied and milk was weighed with a clock scale. Milk samples were taken to determine protein and fat contents, with an ultrasound wave milk analyzer (EKOMILK KAM98-2A). The cows were weighed at the beginning of each experimental period with a portable digital weigh bar indicator (Gallagher Weigh Scale W210). The body condition score (BCS) was assessed

by applying the methodology proposed by Ferguson *et al.* (1994), at the beginning and end of each experimental period.

Experimental design

A 4 x 4 Latin square experimental design was used, with the four cows in the rows and the four evaluation periods in the columns. The experimental concentrate (CEXP) evaluated was composed of 60% maize (*Z. mays L.*), 28% canola (*Brassica napus*), 10% molasses and 2% urea, plus a commercial concentrate (CC) typically used by producers. Four treatments were evaluated: T1 consisted of 3 kg cow⁻¹ day⁻¹ of CEXP; T2 consisted of 2 kg cow⁻¹ day⁻¹ of CEXP; in T3, 2 kg of CEXP plus 10 g of *Saccharomyces cerevisiae* were administered to each cow; and T4 was the control treatment, consisting of 3 kg of CC. All the cows received 3 kg DM cow⁻¹ day⁻¹ of maize silage, remaining 24 hours in a sward planted with *Brachiaria decumbens*, and they had access to water *ad libitum*.

Chemical analysis of forages and concentrates

Samples of the pasture grass were obtained by means of the simulated grazing technique for each of the experimental periods. In addition samples of the maize silage and the concentrates were taken for each experimental period. These samples were dried in a stove at 60° C until constant weight was obtained, then the material was ground, and later the *in vitro* digestibility of organic matter (OMD) was determined using the Daisy method (Ankom technology). The nitrogen content was obtained using the Kjeldahl method (AOAC 1990), with the CP expressed as nitrogen×6.25 (AFRC 1993). The content of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) was determined using a fiber analyzer (ANKOM²⁰⁰ Technology Corporation, Fairport, NY, USA). The metabolizable energy (ME) of the concentrate and grass was calculated with the formula (1) proposed by AFRC (1993), which estimates ME from OMD.

$$\text{ME (MJ/kgDM)} = (\text{OMD}) (0.0157) \text{-----}(1)$$

Analyses of results

Results for milk yield, fat and protein content of milk, changes in body weight, and BCS were analyzed using variance analysis for the 4x4 Latin square design. The Tukey's test was applied when differences among the treatments

were observed. The Minitab general linear model command (2003) v14 was used.

Results

In Table 1, milk protein and milk fat results were different among treatments ($P < 0.05$). Results indicated that the milk weight variable was not affected by the highest inclusion level. However, even though the statistical model did not detect any significant differences ($P > 0.05$) between treatments, there was a one-kilo increase in milk production with treatment number three in comparison to the other treatments. The cows' liveweight was constant throughout the experiment, and no significant differences were observed among treatments ($p > 0.05$), with the cows' liveweight remaining around 400 kg. The BCS was similar among treatments ($P > 0.05$), maintaining values between 1.2 and 1.6; the supplementation levels and maize silage preserve this condition.

Table 1. Effects from supplementation with concentrates on daily milk yield, milk composition, body weight and body condition score for the experimental cows grazing on a *B. decumbens* pasture

Different literals between rows show significant differences ($P < 0.05$); ns= not significant

Treatments	Milk Yield (kg)	Milk Protein (g/kg)	Milk Fat (g/kg)	liveweight (kg)	BCS ^A
T1 ^B	6.56	31.51 ^a	30.02 ^b	412	1.6
T2 ^C	6.17	29.03 ^b	35.05 ^a	404	1.2
T3 ^D	7.61	29.94 ^b	36.66 ^a	407	1.4
T4 ^E	6.02	31.01 ^a	31.21 ^b	411	1.5
SEM ^F	0.40	1.56	1.89	21.57	0.07
P(<0.05)	ns	*	*	ns	ns

^Abody condition score (1=emaciated; 2=thin; 3=average body condition; 4=heavy condition; 5=fat). ^B3 kg of CEXP + 3 kg DM of maize silage; ^C2 kg of CEXP + 3 kg DM of maize silage; ^D2 kg of CEXP + 10 g of SC + 3 kg DM of maize silage; ^E3 kg of the producer's commercial concentrate + 3 kg DM of maize silage. ^FStandard error of the means.

In Table 2, nutritional characteristics of concentrates and maize silage are shown. The nutritional quality of the experimental concentrate has an adequate concentration of CP (180 g/kg DM), which is higher than the commercial concentrate used in the experiment. In addition, the NDF and ADF are higher in

the CC than in the experimental concentrate, resulting in lower digestibility and ME in comparison to the CEXP.

Table 2. Chemical composition of the concentrates and maize silage used in an experiment conducted in the municipality of Zacazonapan in the semitropical region of central Mexico

Concentrate	CP ^A (g/kgDM)	NDF ^B (g/kgDM)	ADF ^C (g/kgDM)	OMD ^D (g/kgDM)	ME ^E (MJ/kgDM)
CEXP ^F	180.08	222.87	100.66	948.61	14.89
CC ^G	163.47	328.67	175.69	901.42	14.16
Maize silage	74.00	549.01	289.22	747.92	11.74
Mean	139.84	368.18	188.52	866.15	13.59

^ACrude protein; ^BNeutral detergent fiber; ^CAcid detergent fiber; ^DOrganic matter digestibility; ^FExperimental Concentrate; ^GCommercial concentrate.

Chemical composition by period is shown in Table 3. The nutritional characteristics of *B. decumbens* decrease as the evaluation periods advance, with implications in the OMD and ME that also decrease in time. It is important to mention that the CP decrease from 92.36 g/kg DM in Period 1 to 83.99 g/kg DM in Period 4.

Table 3. Average chemical composition, by period, of the experimental *B. decumbens* pasture where the cows grazed, in the municipality of Zacazonapan in the semitropical region of central Mexico

Period	CP ^A (g/kgDM)	NDF ^B (g/kgDM)	ADF ^C (g/kgDM)	OMD ^D (g/kgDM)	ME ^E (MJ/kgDM)
1	92.36	699.08	474.21	528.64	8.30
2	85.33	699.80	449.06	508.18	7.98
3	83.56	710.23	444.57	490.12	7.69
4	83.94	714.06	436.64	484.26	7.60
Mean	86.29	705.79	451.37	502.80	7.89

^ACrude protein; ^BNeutral detergent fiber; ^CAcid detergent fiber; ^DOrganic matter digestibility; ^EMetabolizable energy.

Discussion

Animal response to supplementation and forage intake

The low milk production observed in Table 1 is due to the low nutritional quality of the grass, particularly the high content of NDF and the low content of CP

(Table 1). Costa *et al.*(2005) and Pedraza-Beltrán *et al.*(2011) report low milk production attributable to these two factors; they report milk production of 6.3 and 6.7, respectively, in cows grazing on *Brachiaria mutica* and *Paspalum notatum*, with which it is observed that this is an issue with the tropical grasses used for feeding dairy cows.

The increase in milk production in Treatment 3 can be attributed to the addition of SC, since SC makes it possible to optimize ruminal metabolism, thereby improving digestion of the grass fiber and the maize silage. Lascano *et al.* (2009) mention that the addition of SC increases the apparent digestibility of the NDF, providing soluble growth factors that stimulate the growth of cellulolytic bacteria and cellulose digestion (Yalcin *et al.* 2011). Rivas *et al.* (2008) reports a 1 kg increase in milk production in Holstein cows, when SC is added, in similar results to those found in this study.

Low CP content in milk from Treatments 2 and 3 is due to the lower level of supplementation, which results in a lower content of ME in the diet and supposes higher forage intake by cows. According to Hernández *et al.*(2005), the intake and the insufficient content of CP in the ration is a main factor that has an effect on the concentration of milk protein, suggesting that the intake levels can maintain milk production, but the protein levels decrease. Beever *et al.*(2001) mention that supplementation with concentrates obtains an increase in production and milk protein.

The fat content in the milk produced in Treatment 3 can be attributed to the inclusion of SC, since there is an increase in the amount of the cellulolytic bacteria that break down the cellulose in fiber. Although the effects from including SC on fat production are not conclusive, Yalcin *et al.* (2011) report a 6.1% increase in cows supplemented with yeast, in comparison to a control group.

The animal's liveweight and the BCS were preserved throughout the experiment, suggesting that the amount of supplied concentrate and forage intake cover the cows' needs for ME and CP for the observed production level, even at the lowest supplementation level. Pedraza-Beltrán *et al.* (2011) reported values from 2.5 to 3 in cross-bred Zebu and Brown Swiss cows supplemented with 6 kg of a concentrate and grazing on *Paspalum notatum*.

Characteristics of the concentrate and forages

The nutritive quality of the grass is low, due to the CP content during these months. However, they are within the range mentioned as critical (7%) by Van Soest *et al.* (1994), necessary to provide the nitrogen requirements of the microorganisms in rumen, prevent appetite loss and therefore reduce the animals' tropical grass intake. Juárez *et al.* (2004) found CP values of 7.86% for *Brachiaria decumbens*, similar to the values reported in this study. In addition, structural carbohydrates (NDF and ADF) are relatively high, since the amount of green leaves decreases and the amount of stem in the plant increases during the dry season. Ramirez *et al.* (2009) report similar results with *Panicum maximum*.

Conclusion

The addition of SC did not affect milk production or quality, or the animals' body condition or liveweight. Nevertheless, although the model did not detect significant differences, there was a 1 kg increase in milk production.

The supplementation levels maintain milk production, animal weight and body condition, unlike the elevated levels of concentrates supplied in the region.

Acknowledgements

The first author listed would also like to thank CONACYT for the scholarship granted and the SAFMEX company for the donation of SC.

References

- AFRC (1993). Energy and Protein Requirements for Ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC technical committee on response to nutrients, CAB International, Wallingford, UK, 159 pp.
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists, 15th edition, Arlington, Virginia, p. 74.
- Bargo F, Muller LD, Kolver ES and Delahoy JE (2003). Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci* **86**, 1-42.
- Beever D, Sutton JD and Reynolds CK (2001). Increasing the protein content of cows milk. *Aust. J. Dairy Technol*, **56**, 138-149.

Costa TAA, Neves PM, Tavares MR, Chaves ML (2005). Performance of Holstein–Zebu cows under partial replacement of corn by coffee hulls, *Sci Agric* **62**, 95–101.

Dann HM, Drackley JK, McCoy GC, Hutjens MF and Garrett JE (2000). Effects of Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on Prepartum Intake and Postpartum Intake and Milk Production of Jersey Cows. *J Dairy Sci* **83**:123–127.

Dolezal P, Dolezal J and Trinacty J (2005). The effect of *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation in dairy cows. *Czech. J. Anim. Sci* **50**: 503-510.

Erasmus LJ, Robinson PH, Ahmadi A, Hinders R and Garrett JE (2005). Influence of prepartum and postpartum supplementation of yeast culture and monensin, or both, on ruminal fermentation and performance of multiparous dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol* **122**: 219-239.

Ferguson JD, Galligan DT and Thomsen N (1994). Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci* **77**:2695.

Hernández R and Ponce P (2005). Efectos de tres tipos de dieta sobre la aparición de trastornos metabólicos y su relación con alteraciones en la composición de la leche de vacas Holstein-Friesian. *Zootec. Trop* **23**, 295-310.

Hernandez-Mendo O and Leaver JD (2004). Effect of replacing time available for grazing with time available for eating maize silage and soyabean meal on milk yield and feeding behaviour in dairy cows. *Grass For. Sci***59**, 318-330.

Holtshausen L and Beauchemin KA (2010). Supplementing Barley-Based Dairy Cow Diets with *Saccharomyces cerevisiae*. *The Professional Animal Scientist* **26**: 285–289.

Juárez HJ, Bolaños ED and Reinoso M (2004). Content of protein per unit of dry matter accumulated in tropical pastures. *Cuban J. Agric. Sci***38**: 415-422.

Lascano GJ, Zanton GI, Suarez-Mena FX and Heinrichs AJ (2009). Effect of limit feeding high- and low-concentrate diets with *Saccharomyces cerevisiae* on digestibility and on dairy heifer growth and first-lactation performance. *J. Dairy Sci* **92**:5100–5110.

Pedraza-Beltrán P, Estrada-Flores JG, Martínez-Campos AR, Estrada-López I, Rayas-Amor AA, Yong-Angel G, Medina-Figueroa M, Aviles-Nova F and

Castelán-Ortega O (2011). on-farm evaluation of the effect of coffee pulp supplementation on milk yield and dry matter intake of dairy cows grazing tropical grasses in central Mexico. *Trop Anim Health Prod* **44**, 329-336.

Ramírez RO, Hernández GA, Carneiro SS, Perez PJ, Enriquez QJF, Quero CAR, Herrera HJG and Cervantes NA (2009) Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum máximum*, Jac9.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Tec. Pec. Mex* **47**, 203-213.

Rivas J, Díaz T, Hahn M and Bastidas P (2008). Efecto de la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de leche al inicio de la lactancia en vacas lecheras. *Zootecnia Trop* **26**: 421-428.

Santos PFA, Carolina de Almeida Carmo AC, Júnio Cesar Martinez CJ, Pires VA and Bittar MCM (2006). Desempenho de vacas em lactação recebendo dietas com diferentes teores de amido total, acrescidas ou não de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*)1R. *Bras. Zootec* **35**: 1568-1575.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1994). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. of Dairy Sci.* **74**: 3583.

Yalçin S, Yalçin S, Can P, Gürdal AO, Bağcı C and Elton Ö (2011). The nutritive value of live yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and its effect on milk yield, milk composition and some blood parameters of dairy cows. *Asian-Aust. J. Anim. Sci* **24**: 1377-1385.

7.3. Artículo enviado al Indian Journal of Animal Science

THE INDIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCES

HOME ABOUT USER HOME SEARCH CURRENT ARCHIVES
ANNOUNCEMENTS ##EDITORIAL BOARD##

Journal Help

USER
You are logged in as... **felipe**
My Journals
My Profile
Log Out

Home > User > Author > Active Submissions

ACTIVE SUBMISSIONS

ACTIVE ARCHIVE

ID	MM-DD SUBMIT	SEC	AUTHORS	TITLE	STATUS
39182	03-25	ART	Estrada Flores, Lopez Gonzalez,...	DETERMINATION OF AGRONOMIC AND NUTRITIONAL...	IN REVIEW

1 - 1 of 1 Items

START A NEW SUBMISSION
CLICK HERE to go to step one of the five-step submission process.

REFBACKS
ALL NEW PUBLISHED IGNORED

DATE ADDED	HITS	URL	TITLE	STATUS	ACTION
------------	------	-----	-------	--------	--------

AUTHOR
Submissions
Active (1)
Archive (0)
New Submission

NOTIFICATIONS
View (3 new)
Manage

JOURNAL CONTENT
Search

All

Determination of agronomic and nutritional characteristics of three grass species in the southern region of the state of México

F López-González¹, J J Sánchez-Valdés¹, O A Castelán-Ortega², B Albarrán-Portillo³, J G Estrada-Flores^{1*}

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Instituto Literario 100, Centro, Toluca, 50000 México

ABSTRACT

Feed for dairy cows in the southern part of the state of Mexico is based on the region's grasses, primarily during the rainy season. However, not enough studies for determining the quantity and quality of these grasses have been conducted. Therefore, the objective of this study was to evaluate the agronomic and nutritional characteristics of three grass species in the Zacazonapan

municipality in the southern region of the state of Mexico during a one-year period. Three pastures were used, with a different grass species established in each of them: *Cynodon plectostachyus*, *Paspalum notatum* and *Brachiaria decumbens*. The agronomic variables evaluated were: net forage accumulation (NFA), and the amounts of stems, leaves, and live and dead matter. Also evaluated were protein content, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), digestibility of organic matter (dOM) and metabolizable energy (ME). A randomized block design was used, and data was analyzed using variance analysis, with the Tukey's test used to compare treatment means ($p \leq 0.05$). There were significant differences ($p \leq 0.05$) among the three grass species evaluated, as well as among the evaluation periods (June 2009 to May 2010).

In relation to the nutritional variables, there were significant differences ($p \leq 0.05$) among the evaluation periods, but not among the three grass species evaluated ($p > 0.05$). It was concluded that the nutrient content of the grasses is better and the accumulation of forage is greater during the time period with more precipitation.

Key words: net forage accumulation, nutritional quality, crude protein.

INTRODUCTION

Tropical grasses are the primary nutrient resource for cattle production in the tropics and they provide low-cost nutrients to cattle (Elizondo and Boschini 2003). However, during a certain period of the year, the supply and quality of dry matter are insufficient for meeting the minimum requirements of grazing cows. Tropical grasses have a high structural carbohydrate content, but they are low in soluble carbohydrates, and have less than 7% protein (Hernández *et al.*, 2005). Production by ruminants fed with tropical grasses is limited by low digestibility and minimal dry matter intake (Bargo *et al.*, 2002). Increasing the digestibility of potentially digestible fractions or the rate of passage of non-digestible fractions are strategies for increasing the intake of digestible nutrients (Pinzón and Montenegro, 2001).

Milk production is important in the Zacazonapan municipality in the State of Mexico. This production occurs primarily in pastures of native grasses and some introduced grasses. However, during a certain period of the year, it is

necessary to supplement the diet of dairy cows with balanced feed, since pastures do not produce enough quantity or quality to maintain milk production. Few studies have been conducted in relation to the agronomic and nutritional characteristics of the region's pastures. Thus, the objective of this study is to determine the agronomic characteristics and nutrient content in pastures with three grass species, and the effect of the time period, during a year-long evaluation in the Zacazonapan municipality.

MATERIALS AND METHODS

Location of experimental site

The study was conducted in the municipality of Zacazonapan, in the state of Mexico, between 19° 00' 17" and 19° 16' 17" N and 100° 12' 55" and 100° 18' 13" O. The site is located at an altitude of 1,470 meters and the annual average temperature is 23°C (Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica, 1980). The study was conducted from June 2009 to May 2010 in small-scale milk production units.

Characteristics of pastures

Three pastures were used, each having an approximate land area of 4 hectares, with continuous grazing of multiparous cows. In each pasture a different grass species was established, with the following species predominating: *Cynodon plectostachyus* (8 Holstein cows per hectare), *Paspalum notatum* (8 Zebu x Brown Swiss cows per hectare) and *Brachiaria decumbens* (8 Zebu x Brown Swiss cows per hectare). These were monophyte pastures. *Paspalum notatum* is a native species to the region and it grows naturally in fields. *Cynodon plectostachyus* is an introduced species that was planted approximately ten years prior to this experiment and *Brachiaria decumbens* was planted three years prior to this experiment, and both species have adapted to the region. The agronomic variables evaluated were: net forage accumulation (NFA), leaf amount (LA), stem amount (SA), dead matter amount (DMA), live matter amount (LMA), and height of pasture (HP).

Height of pasture

Monthly measurements of the pastures were made, using the rising plate technique described by Hodgson (1994). Measurements were taken every 20 steps, and 20 zigzag measurements were taken in each pasture.

Net forage accumulation

To measure the net forage accumulation, six exclusion cages were randomly placed in each pasture, according to the method proposed by Hodgson (1994). The cages were adapted to the growth and size of the grass, with dimensions of 1.0 meter high, 1.20 meters long and 0.60 meters wide. Every 28 days the grass was cut inside and outside of each cage, using a 0.25 m² metal quadrant for cutting the forage inside of it. On Day 0 of the measurement, the cage was randomly placed in the pasture; later, five measurements of height were made next to the cage, taking care that the characteristics of the measurement area were similar to those of the excluded area. Then, the 0.25 m² metal quadrant was placed near the exclusion cage and the forage inside the quadrant was cut at ground level using shearing scissors. On Day 28, the cage was removed, the 0.25 m² quadrant was positioned and the forage inside the quadrant was cut, to determine the NFA. This procedure was repeated every 28 days during the year of evaluation. The NFA was calculated with the following formula:

$$\text{NFA}(\text{kgDMha}^{-1}) = \text{DMi} - \text{DMf}$$

where NFA = net forage accumulation (kg DM ha⁻¹), DMi = initial average weight outside the cage on Day 0 (kg DM ha⁻¹), DMf = final average weight outside the cage on Day 28 (kg DM ha⁻¹).

Amount of live and dead matter

A total of 25 g of the sample was weighed, and then the live matter was separated from the dead matter, and each was weighed. Green-colored matter was considered to be live matter, and non-green-colored matter was considered to be dead matter.

Leaf and stem amounts

A sample of leaf and stem amounts was taken from each exclusion cage in each pasture; a compound sample of the cages was prepared; and 25 g was weighed. Then the stems were separated from the leaves, and each was weighed separately.

Chemical analysis of grasses

Chemical analysis was performed on six samples per pasture, with an approximate weight of 50 g of dry matter that had been collected using the simulated grazing technique. This sampling was carried out every month from June 2009 to May 2010. The samples were dried in an oven at 60°C until a constant weight was obtained; the matter was then ground, and the digestibility of the organic matter (dOM) was determined using the Daisy method (Ankom Technology, 2004). Nitrogen content was determined using the Kjeldahl method (AOAC, 1990) and results were multiplied by a factor of 6.25 (AFRC, 1993) to obtain the crude protein (CP) content. The neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) content were determined using the ANKOM method with the technique from Van Soest *et al.* (1994). The metabolizable energy (ME) of each grass species was calculated using the formula AFRC (1993).

$$ME(\text{MJkg}^{-1}\text{DM})=(\text{dOM})(0.0157)$$

where ME = metabolizable energy (MJkg⁻¹DM), dOM = digestibility of organic matter (g kg⁻¹DM)

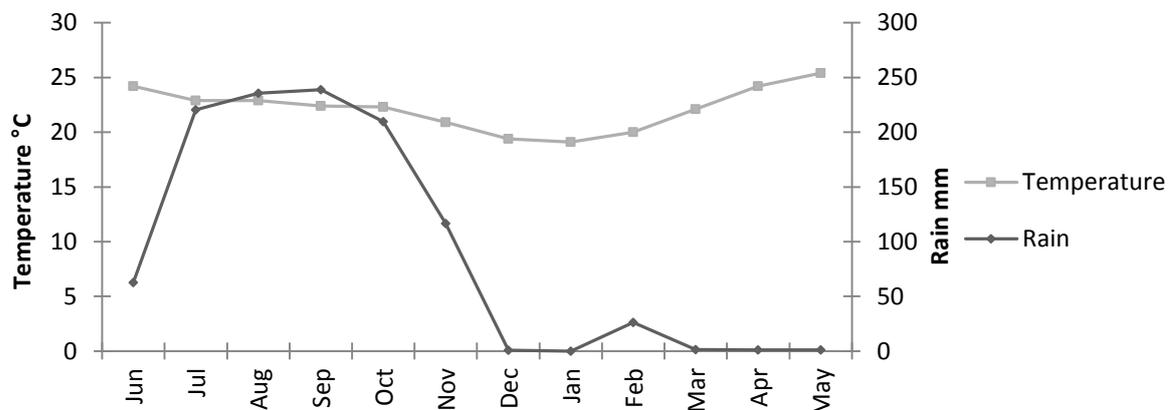
Experimental design

A random complete block experimental design was used (Steel and Torrie, 1997) in order to compare results among the different pastures (blocks) and to determine the effect during the period evaluated (evaluation months). The general lineal model was: $Y_{ij} = \mu + t_i + B_j + e_{ij}$ where: Y_{ij} = treatment response variable, μ = overall mean, t_i = effect due to the period ($i = 1, 2, 3 \dots 12$), B_j = effect due to the block ($j = 1, 2, 3$), e_{ij} = random error. With the data collected, a variance analysis was conducted using Minitab V 14 (2003); and when significant differences were observed, Tukey's test was used ($p \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

The climate in the area studied is classified as Awo (w) (i')g, or semi-warm, sub-humid with summer rains, minimal fluctuation and ganges-type progression (García, 1988). Figure 1 presents the temperatures and precipitation registered from June 2009 to May 2010 in the area where the experiment was conducted.

Figure 1. Average temperature and rainfall in the area studied, from June 2009 to May 2010



Agronomic characteristics of grasses

Dry matter (DM) yields per pasture (Table 1) were different ($p \leq 0.05$) among species (blocks) and periods of evaluation (months of the year). The grass species with the greatest NFA was *B. decumbens*, and the one with the lowest NFA was *P. notatum*, since *Brachiaria* and *Cynodon* are introduced species and their dry matter yields are greater than those of native grass species such as *P. notatum*. Another reason is because they are managed differently, since *Cynodon* and *Brachiaria* were fertilized with approximately 200 kg of urea ha⁻¹ year⁻¹ and producers eliminated unwanted weeds, leaving both pastures without any competition from other species, while in the pasture of *P. notatum* producers did not fertilize and did not eliminate weeds. The NFA for *Cynodon* was favored by the management practices used in the pastures, since forage production was greater than that reported by Macedo *et al.* (2008), with 8426 kg DM ha⁻¹ and greater fertilizer and control of weeds through the use of herbicides. This indicates that this introduced species adapted to the local conditions. Macedo *et al.* (2003) report that this particular species, once established, is persistent and adapts to different environments. In the case of *Brachiaria*, reports from Rincon *et al.* (2008) for NFA (4580 kg DM ha⁻¹) indicate results inferior to those observed in this study. Here, we also find that management practices and environmental conditions favor higher yields.

The leaf and stem amounts (Table 1) vary among the species studies ($P \leq 0.05$), with the lowest production in the pasture with *Paspalum notatum*. The amount of live and dead

matter was greater in the pasture with *Brachiaria decumbens* ($P \leq 0.05$), and the lowest production was in the pasture with *Paspalum notatum*, since this grass species is short and thus, dead matter does not accumulate in the lower part (Avilés *et al.* 2008).

Table 1. Agronomic variables of the three grass species in small-scale milk production units in the southern part of the state of Mexico

Variable	C. <i>plectostachyus</i>	P. <i>notatum</i>	B. <i>decumbens</i>	SEM	p \leq 0.05 (Species)	p \leq 0.05 (Period)
NFA (kg DM ha ⁻¹ month ⁻¹)	847.3 ^b	535.9 ^c	942.3 ^a	112.69	*	*
NFA (kg DM ha ⁻¹ annual ⁻¹)	10 168	6 431	11 067	-	-	-
LA (kg DM ha ⁻¹)	275.37 ^b	168.80 ^c	308.53 ^a	55.6	*	*
SA (kg DM ha ⁻¹)	148.27 ^a	99.14 ^b	159.80 ^a	17.5	*	*
LMA (kg DM ha ⁻¹)	313.50 ^a	192.92 ^b	344.45 ^a	60.2	*	*
DMA (kg DM ha ⁻¹)	110.14 ^a	75.02 ^b	128.70 ^a	18.4	*	*
PH (cm)	21.21 ^a	9.07 ^c	13.74 ^b	1.3	*	*

Different literals among the rows indicate significant differences ($p \leq 0.05$); *Significant $p \leq 0.05$; NFA = net forage accumulation, LA = leaf amount, SA = stem amount, LMA = live matter amount, DMA = dead matter amount, PH = pasture height, SEM = standard error of the mean.

Physical-chemical characteristics of grasses

The physical-chemical characteristics (Table 2) of the three grass species studied are similar ($P > 0.05$). However, there were differences among the months evaluated ($P \leq 0.05$). The crude protein contribution in the three species is above that reported for the same species by other researchers such as Esqueda-Esquivel *et al.* (2009) for *Cynodon plectostachyus* (58.2 up to 103 g kg⁻¹ DM), Juárez *et al.* (2004) for *Brachiaria decumbens* with 78.6 g kg⁻¹ DM and Bernal *et al.* (2008) for *Paspalum notatum* with 73 g kg⁻¹ DM. This indicates that the CP amount is different for each species, depending on the location of production, the management of the pasture and the climate (Reyes-Purata *et al.* 2009).

The amount of structural carbohydrates is a factor to be considered in determining the intake and digestibility of organic matter. Intake decreases as the plant matures, and lignification increases (Van Soest 1994). Results indicate

that the NDF obtained in this study is similar to that reported by Evitayani *et al.* (2005) for *Brachiaria decumbens* (639 g kg⁻¹ DM) and *Cynodon plectostachyus* (603 and 672 g kg⁻¹ DM). For *Paspalum notatum*, Avilés *et al.* (2008) reported 679.41 g kg⁻¹ DM of NDF and 361 g kg⁻¹ DM for ADF.

The plant's maturity and lignification also influence the dOM and ME content. Differences among periods ($P \leq 0.05$) were observed for both variables. Pérez *et al.* (2001) reported less digestibility (46.45%) for *Cynodon plectostachyus*. In addition Moura *et al.* (2002) and Bernal *et al.* (2008) reported similar dOM for *Brachiaria decumbens*, of 550 g kg⁻¹ DM and 590 g kg⁻¹ DM for *Paspalum notatum*, respectively. Energy in the form of non-fibrous carbohydrates is the first limitation for production, and it also limits the use of crude protein in grasses (NRC, 2001).

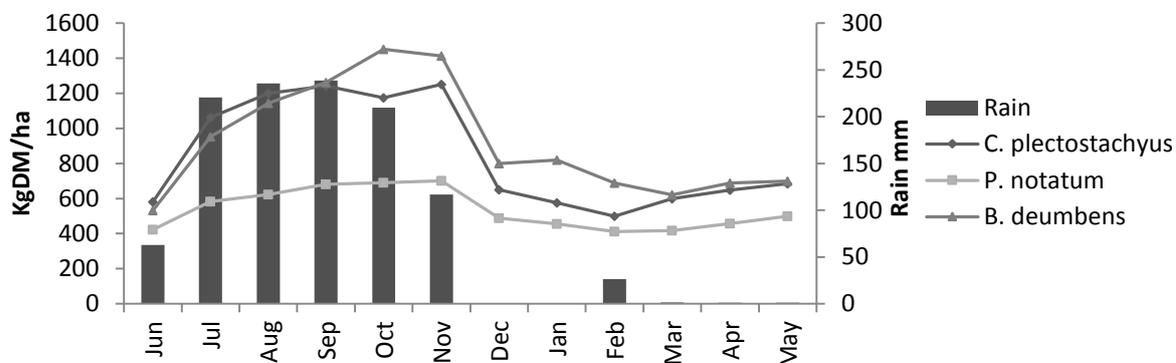
Table 2. Chemical composition and digestibility of average annual organic matter from three grass species in small-scale milk production units in the southern region of the state of Mexico

Variable	C. <i>plectostachyus</i>	P. <i>notatum</i>	B. <i>decumbens</i>	SEM	p ≤ 0.05 (Species)	p ≤ 0.05 (Period)
CP (g kg ⁻¹ DM)	111.92	108.68	111.63	12.63	ns	*
NDF (g kg ⁻¹ DM)	606.00	658.00	626.30	43.28	ns	*
ADF (g kg ⁻¹ DM)	378.70	399.50	379.30	34.17	ns	*
dOM (g kg ⁻¹ DM)	578.8	569.4	568.9	2.85	ns	*
ME (MJ kg ⁻¹ DM)	9.08	8.94	8.93	0.44	ns	*

Different literals among the rows indicate significant differences ($p \leq 0.05$); ns = not significant; *significant $p \leq 0.05$; CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; dOM = digestibility of organic matter; ME = metabolizable energy; SEM = standard error of the mean.

Precipitation is one of the climatic variables that most influence forage production (Figure 2). This variable increases with precipitation and diminishes when the rains stop. Researchers such as Juárez-Hernández *et al.* (2007) and López-González *et al.* (2010) report that precipitation is an important factor in the amount of dead matter produced in pastures.

Figure 2. Relation between the net forage accumulation of the three grass species, with respect to the precipitation in the southern region of the state of Mexico.



It also was concluded that nutritional characteristics of the three grass species evaluated were very similar, but in terms of dry matter yields, greater production was observed in the introduced grasses than in the native grass.

Precipitation is a factor that determines, to a large extent, the quantity and quality of grasses in the pastures.

REFERENCES

- AFRC.1993. Energy and Protein Requirements for Ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC technical committee on response to nutrients. CAB International, Wallingford, UK, 159 p.
- Ankom Technology. 2004. In vitro true digestibility using the DAISY II incubator. Consulted at <http://www.ankom.com/09procedures/daiy> in May 2009.
- AOAC. 1990. Protein (crude) in animal feed. Copper catalyst kjeldahl method. In Official Method of Analysis of the association of official analytical chemists, 15th edition, Arlington, Virginia, p. 74.
- Avilés N F, Espinoza O A, Castelán O O A and Arriaga J C M. 2008. Sheep performance under intensive continuous grazing of native grasslands of *Paspalum notatum* and *Axonopus compressus* in region of the highlands of central México. *Tropical Animal Health and Production***40**:509-15.
- Bargo F, Muller L D, Delahoy J E, Cassidy T W. 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science***85**:1777-92.

Bernal L, Ávila P, Ramírez G, Lascano C.2008. Efecto de la suplementación con heno de *Calindra calothyrsus* y *Vigna unguiculata* sobre la producción de leche por vacas Holstein x cebú en Colombia. *Asociación latinoamericana de producción animal***16**:109-14.

Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica. 1980. Estado de México. Escala 1:500 000. Coordinación de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. Mexico City.

Elizondo J and Boschini C.2003. Valoración nutricional de dos variedades de maíz usadas en la producción de forraje para bovinos. *Pastos y Forrajes***26**:347-53.

Esqueda-Esquivel V A, Montero-Lagunes M, Juárez-Lagunes F I.2009. Efecto de métodos de control de maleza en la productividad y calidad del pasto estrella de áfrica (*Cynodon plectostacyus* (K. Shum.) Pilg.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems***10**:393-404.

Evitayani, Lili W, Armina F, Toshiyoshi I, Shaukat A, Maki H, Tsutomu F. 2005. Nutritive value of selected grasses in north Sumatra, Indonesia. *Journal Animal Science***76**:461-68.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4th edition, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City. pp. 1-50.

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](http://www.Veterinaria.org/revista/redvet/n050505.html).

Hodgson, J. (1994). Manejo de pastos. Teoría y Práctica. Diana, Mexico.

Juárez H J, Bolaños E D, Reinoso M.2004. Content of protein per unit of dry matter accumulated in tropical pastures. *Cuban Journal of Agricultural Science***38**: 415-22.

Juarez-Hernández J and Bolaños-Aguilar E D. (2007). Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. *Universidad y Ciencia***23**:81-90.

López-González F, Estrada-Flores J G, Aviles-Nova F, Yong-Angel G, Hernández-Morales P, Martínez-Loperena R, Pedraza-Beltrán P E, Castelán-Ortega O A.2010. Agronomic evaluation and chemical composition of african

star grass (*Cynodon plectostacyus*) in the southern region of the state of México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* **12**:1-9.

Macedo R, Galina M A, Zorrilla J M, Palma J M, Pérez-Guerrero J. 2003. Análisis de un sistema tradicional en Colima, Mexico. *Archivos de Zootecnia***52**:463-74.

Macedo R, Galina M A, Zorrilla J M.2008. Balance energético y proteico de un sistema de producción tradicional de doble propósito en México. *Zootecnia Tropical***26**:455-463.

Minitab2003. V 14 Statistical software. User's guide II: Data analysis and quality tools, graphics, and Macros. USA.

Moura L O, Braga C M, Bastos de Veiga J, Amador N.2002. Avaliação de pastagem de quicúio-da-amazônia (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt) en sistema de pastejo rotacionado intensivo, in Belén, Pará. *Pasturas Tropicales***24**: 30-39.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. Ed. National Academy Press. Washington, D. C., 381 p.

Pérez P J, Alarcón Z B, Mendoza M G, Bárcena G R, Hernández G A, Herrera H J.2001. Efecto de un banco de proteína kudzu en la ganancia de peso de toretes en pastoreo de estrella africana. *Técnica Pecuaria México***39**:9-52.

Pinzón R and Montenegro R. 2001.Prácticas de manejo y utilización de asociaciones de gramíneas/leguminosa (*Arachis pintoi*) y gramíneas solas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá p. 5–44.

Reyes-Purata A, Bolaños-Aguilar E D, Hernández-Sánchez D, Aranda-Ibañez E M, Izquierdo-Reyes F. (2009). Producción de materia seca y concentración de proteína en 21 genotipos del pasto humidícola *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Universidad y Ciencia* **2**:213-24.

Rincón C A, Ligarreto M G A, Garay G. 2008. Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv Amargo y *Brachiaria brizanta* cv Toledo sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín***61**:4336-46.

Steel R G D and Torrie H. 1997. Bioestadística: Principios y procedimientos, second edition, McGraw-Hill, Mexico, 539 p.

Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A.1994. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* **74**:3583.

7.4. Artículo no enviado

Efecto del nivel de concentrado y la inclusión de *Sacharomyces cerevisiae* en la respuesta productiva de vacas en pastoreo en el sur del estado de México

López, G. F¹; Sánchez, V. J. J¹; Castelán, O. O. A²; Albarran, P. B³; Estrada, F. J. G.^{1*}

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. ³Centro Universitario Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Corresponing autor jgestradaf@uaemex.mx

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar un concentrado experimental y compararlo con el concentrado comercial con el propósito de observar la respuesta de las vacas en pastoreo, así mismo evaluar el efecto de la adición de *Sacharomyces cerevisiae* en la respuesta productiva y que efecto tenía sobre los componentes de la leche. Se trabajó con cuatro vacas multíparas, tipo hostein y en primer tercio de lactación, en un arreglo estadístico de cuadro latino 4X4. A las vacas se les suministroo un concentrado experimental (CEXP) compuesto por: 60% maíz, 28% Canola, 10% melaza y 2% urea. Las variables a evaluar fueron: producción de leche, peso de las vacas, condición corporal, proteína y grasa en leche. Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos ($P < 0.05$) para la variable producción de leche, sin embargo no existen diferencias significativas para las variables peso vivo de las vacas y condición corporal ($P > 0.05$). Para las variables proteína y grasa en leche existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($P < 0.05$), siendo el tratamiento 3 el que obtuvo menos cantidad de proteína con 29.70 g/kg, en cuanto a grasa los tratamientos

1, 2 y 3 son diferentes con respecto al tratamiento 4. Se concluye que el concentrado experimental aún con su nivel más bajo de suplementación obtiene los mismos rendimientos de leche, mantiene en buen estado corporal a las vacas y que la adición de *Saccharomyces cerevisiae* influyeron en el rendimiento de leche, sin embargo no mejoró los componentes de la leche.

INTRODUCCIÓN

Los pastos tropicales utilizados como único alimento no satisfacen los requerimientos nutricionales de vacas en producción, lo que trae como consecuencia una disminución de sus parámetros productivos y algunas alteraciones en los componentes químicos de la leche. El factor principal por lo cual existen estas bajas producciones se debe al bajo contenido de proteína cruda del pasto y la baja digestibilidad de este, debido al aumento de carbohidratos estructurales principalmente (Ramos, *et al.* 1998). Tomando en cuenta estas restricciones se han planteado algunas estrategias para incrementar la digestibilidad de los forrajes tropicales y por lo tanto aumentar la producción animal, dentro de estas se encuentra la suplementación, otra estrategia es el uso de levaduras han demostrado aumentar la digestibilidad en forrajes (Cabrera *et al.*, 2000).

En zonas tropicales, la suplementación con concentrados comerciales en animales a pastoreo es una alternativa de alimentación empleada principalmente en períodos de escasez de forrajes, con la finalidad de mejorar la productividad a través del consumo de materia seca, Pulido *et al* (1999). Uno de los factores que más influye sobre la calidad de la leche es el tipo de alimentación que se les proporciona a las vacas Hernández y Ponce (2003).

En el sur del estado de México, se caracteriza por tener un clima tropical seco, pero además por la importante producción de leche que se obtiene, de esta región el municipio de Zacazonapan se caracteriza por ser un importante productor de leche. Las praderas de pastos nativos o introducidos en la región de estudio cumplen un papel importante en la alimentación del ganado principalmente en la época de lluvias, sin embargo durante la época de secas los productores se ven obligados a suplementar debido a que cantidad de materia seca no es suficiente para los animales y la calidad nutritiva de los

pastos desciende drásticamente y difícilmente cubre los requerimientos de energía y proteína que los animales requieren, por lo tanto el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar diferentes estrategias de alimentación para determinar la más adecuada.

MATERIALES Y MÉTODO

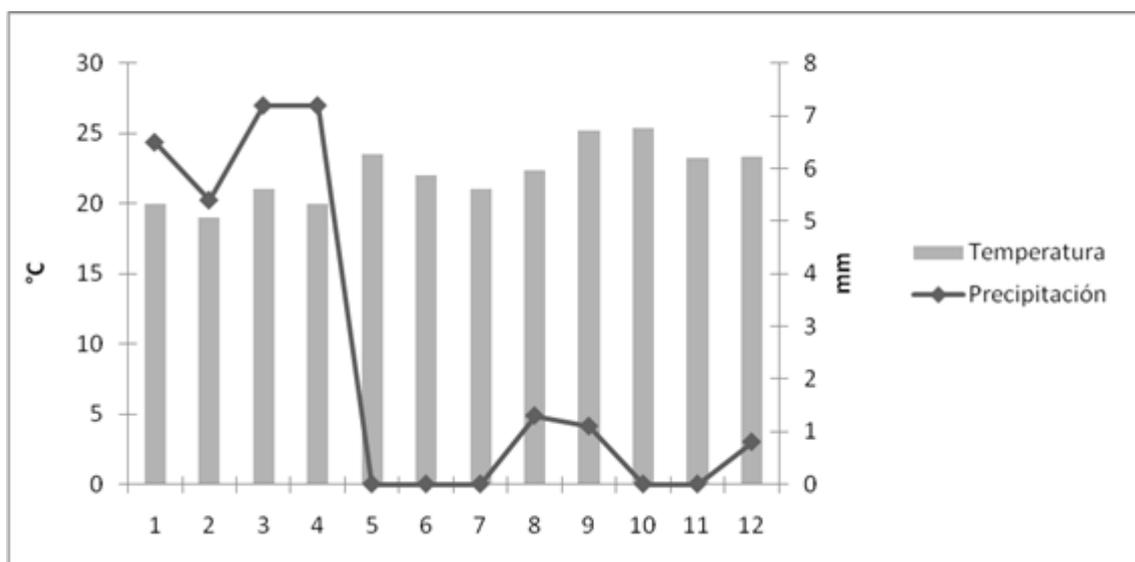
Localización del sitio experimental

La zona de estudio es el municipio de Zacazonapan que se localiza en la zona geográfica sur del Estado de México, las coordenadas geográficas son entre los paralelos 19° 00' 17" y 19° 16' 17" de latitud norte y del meridiano 100° 12' 55" al meridiano 100° 18' 13" de longitud oeste. Se ubica a una altura media de 1,470 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 23° C (Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica, 1980). El experimento se llevó a cabo en una unidad campesina de producción de leche, con vacas tipo holstein.

Condiciones climatológicas

El clima de la zona de estudio se clasifica como A (C) wg, semicálido con lluvias en verano (García, 1981). La Figura 1 presenta las temperaturas y precipitaciones promedio registradas semanalmente de 8 de Febrero a 8 de mayo de 2010 en la zona donde se llevó a cabo el experimento.

Figura 1. Temperatura y precipitación de febrero a mayo de 2010 en Zacazonapan, Estado de México.



Desarrollo del experimento

El experimento se realizó en una unidad de producción, con en cada una se llevó a cabo un experimento con un arreglo experimental de cuadro latino 4X4, donde los factores fueron cuatro vacas tipo Holstein multíparas y en primer tercio de lactación, con un peso aproximado de 423 ± 20 kg y 4 periodos de evaluación; y como tratamientos, se utilizó un concentrado experimental (CEXP) compuesto por: 60% maíz, 28% Canola, 10% melaza y 2% urea, más pastoreo (*Cynodon plectostachyus*) y agua a libre acceso, los tratamientos fueron: T1= 3 kg del CEXP +3 kgMS de sorgo verde, T2= 2 kg del CEXP+3 kgMS de sorgo verde, T3= 2 kg del CEXP+10 g de *Saccharomyces cerevisiae*+3kgMS de sorgo verde y T4= 3 kg del concentrado comercial del productor+3 kg de sorgo verde. Los periodos experimentales tuvieron una duración de 21 días cada uno, de los cuales los primeros catorce días fueron de adaptación a la dieta y los siguientes siete días fueron de evaluación y recolección de muestras. Las vacas se mantuvieron en condiciones de pastoreo con libre acceso a agua, se ordeñaron manualmente dos veces al día (08:00 y 15:00 hrs.), momento que se aprovechó para proporcionar los tratamientos; así como también, para el pesado de la leche. La leche ordeñada fue pesada en una báscula de reloj. Las vacas fueron pesadas al inicio y al final de cada periodo experimental para lo cual se utilizó una báscula de barras (Gallager). La condición corporal se evaluó aplicando la metodología descrita por Ferguson *et al.* (1994), el cual utiliza una escala del 1 al 5, donde 1 es demasiado flaca y 5, obesa, esta se evaluó al inicio y al final de cada periodo experimental. Las variables evaluadas fueron: producción diaria de leche, peso de las vacas al inicio y al finalizar cada periodo experimental, condición corporal. Además se tomaron muestras de leche para realizarles los análisis de proteína y grasa en leche, las cuales fueron determinadas utilizando el ecomilk.

Diseño experimental

El diseño experimental fue el siguiente para cada uno de los experimentos, fue el siguiente: $Y = \mu + B_i + F_j + M_k + e_{ijkl}$, donde: Y= variable respuesta, μ = Media general, B= Efecto de los periodos ($i = I, II, III, IV$), F= Efecto de las vacas en las filas ($j = 1, 2, 3, 4$), M= Efecto de los tratamientos ($M = T1, T2, T3, T4$), e= Efecto del error residual (Steel y Torrie, 1997).

Análisis químico de los pastos y concentrados

Se obtuvieron muestras de la pradera de *Cynodon plectostachyus* mediante la técnica de pastoreo simulado para cada uno de los períodos experimentales, estas muestras se secaron en una estufa a 60°C hasta obtener su peso constante, se molieron, posteriormente se determinó la digestibilidad de la materia orgánica (dMO) a través del método Daysi (Ankom technology, 2004), el contenido de nitrógeno se obtuvo mediante el método Kjeldahl (AOAC, 1990), el resultado se multiplicó por el factor 6.25 para obtener el contenido de proteína cruda (PC) según el AFRC (1993); el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinó mediante la técnica Van Soest *et al.*, (1994). La energía metabolizable (ME) del concentrado y del pasto estrella se calculó mediante la fórmula propuesta por el AFRC (1993), la cual estima la ME a partir de dMO.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características del concentrado

En la composición química se observa que el concentrado experimental contiene una mayor cantidad de proteína cruda que los demás concentrados, lo cual trae beneficios si tomamos en cuenta que las características del forraje que consumen las vacas en esta época del año es de baja calidad y por lo tanto este concentrado le puede aportar la cantidad de proteína para mantener la producción de leche, así como mantener a los animales en buen estado corporal, además de que como es sabido la cantidad de fibra detergente neutro influye en el consumo voluntario del alimento y como se observa en el cuadro 1, esta es mayor en los concentrados comerciales y menor en el concentrado experimental. Por otra parte la cantidad de fibra detergente ácido se relaciona con la digestibilidad de la materia orgánica y se observa que la fibra detergente ácido es mayor en los concentrados comerciales evaluados, por lo tanto el concentrado experimental presenta una mejor calidad nutritiva que los concentrados comerciales.

Tabla 1. Composición química de los concentrados y el sorgo usado en el experimento en el municipio de Zacazonapan, México.

Suplemento	PC (g/kgMS)	FDN (g/kgMS)	FDA (g/kgMS)	DMO (g/kgMS)	EM (MJkgMS)
CEXP	180.08	228.87	948.61	948.61	14.89
CC	150.06	350.90	899.20	899.20	14.12
Sorgo	81.04	493.10	268.00	788.69	12.38
Media	137.06	357.62	705.27	878.83	13.80
DE	50.78	132.24	379.49	81.88	1.29

En el cuadro 2 se observan las características nutricionales, así como la producción de materia seca del pasto *Cynodon plectostachyus*, en este cuadro se observa que las características nutricionales de este pasto para estos periodo son malos, por lo tanto esta es una de las razones por las cuales los productores tienen que suplementar, por otra parte se observa que la cantidad de materia seca en estos meses es poca, la baja calidad del pasto así como la cantidad de materia seca está determinada en parte por la precipitación debido a que en estos meses son de secas en la región. En estos meses la cantidad de proteína cruda desciende de manera drástica, sin embargo, los valores de PC de este pasto evaluado fueron superiores a los niveles reportados como críticos para pastos tropicales (7%) por Minson (1982), para satisfacer los requerimientos de nitrógeno requerido por los microorganismos del rumen y son considerados adecuados para pastos tropicales para evitar depresión de apetito y por consecuencia reducciones en el consumo del pasto en los animales, mientras que el contenido de carbohidratos estructurales se incrementa, por lo tanto la digestibilidad del pasto disminuye, así como la energía metabolizable.

Cuadro 2. Características nutricionales y acumulación neta de forraje del pasto *Cynodon plectostachyus* y sorgo

Periodo	Proteína cruda (g/kgMS)	FDN (g/kgMS)	FDA (g/kgMS)	dMO (g/kgMS)	ANF (kgMS/ha)	EM (MJ/kgMS)
Feb	85.47	715.19	468.04	527.16	500	8.28
Mar	82.22	721.70	485.48	509.83	600	8.00
Abr	80.45	708.88	468.85	496.03	649	7.79
May	81.60	712.05	472.98	492.19	684	7.73
Media	82.44	714.46	473.84	506.30	608.25	7.95
DE	2.15	5.47	8.06	15.83	79.97	0.25

En el cuadro 3 se observan los resultados que se obtuvieron en el experimento, en cuanto a la producción de leche se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$), con el tratamiento 3 se logró incrementar más de 1.5 kilogramos de leche con respecto a los demás tratamientos, este incremento se le atribuye a la adición de *saccharomyces cerevisiae*, que trae beneficios principalmente por el incremento de bacterias celulolíticas, que se encargan de degradar la celulosa de los forrajes (Harrison et al. 1988). Randel y Fernández Van Cleve (1988) utilizaron treinta vacas Holstein y Pardo Suizo para evaluar dietas a base de pasto estrella ofrecida *ad libitum* y un concentrado comercial con 18% de proteína cruda, el concentrado se ofreció a razón de 1 kg de concentrado por cada 2.2 kg de leche producida, los resultados que obtuvieron fueron de 11 y 9.97 kg de leche producida diariamente, los cuales son similares a los encontrados en este trabajo. Por otra parte Moallem *et al.*, (2009), encontraron un aumento de 1.5 kg en la producción de leche con la adición de *Saccharomyces cerevisiae*, resultados similares a los encontrados en este trabajo con el tratamiento 3. Sin embargo Schingoethe et al., 2004; Bagheri et al., 2009) no encontraron incrementos en la producción de leche con la adición de *saccharomyces cerevisiae* en la dieta de las vacas.

En cuanto a la variable peso vivo de las vacas no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($P>0.05$), lo cual nos indica que tanto el concentrado comercial como el concentrado experimental, además de las características nutricionales del pasto cubrían los requerimientos de energía y proteína de cada una de las vacas, estos resultados son similares a los reportados por Aguilar-Pérez *et al.*, (2001), quienes no encontraron diferencias significativas al suplementar vacas cruzadas con *Leucaena leucocephala* y sometidas a dos cargas de pastoreo de *Cynodon nlemfuensis*. Por otra parte la condición corporal no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$), resultados similares a los reportados por Dann *et al.* (2000) en vacas Jersey en clima templado y estabuladas, donde la adición de levaduras no afectó la condición corporal, mismos resultados reportados por (Stella *et al.*, 2007; Bagheri *et al.*, 2009; Bruno *et al.*, 2009).

En cuanto a los componentes de la leche se observan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$). Los tratamientos 2 y 3 tuvieron una mayor cantidad de proteína en leche que los tratamientos 1 y 3, en cuanto a grasa los tratamientos que tuvieron los mayores rendimientos fueron los tratamientos 1 y 4. Esto se debe a que todas las vacas se encontraban en primer tercio de lactación, el cual según algunos autores como influyen en la cantidad de proteína y grasa en leche.

Cuadro 3. Respuesta productiva y calidad de la leche de vacas tipo Holstein a diferentes niveles de suplementación.

Tratamiento	Peso leche (kg)	Peso vaca (kg)	C. C (1-5)	Proteína en leche (g/kg)	Grasa en leche (g/kg)
1	10.47 ^a	412	1.5	28.71 ^a	34.40 ^a
2	10.91 ^a	434	2	30.60 ^b	27.07 ^b
3	12.56 ^b	423	2	30.07 ^b	27.70 ^b
4	10.50 ^a	417	1.5	28.89 ^a	33.02 ^a
EEM	1.2	32	0.3	1.24	2.31
P<0.05	ns	ns	ns	*	*

Literales diferentes entre columnas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$); C. C.= Condición corporal, T1= 3 kg del CEXP +3 kgMS de sorgo verde, T2= 2 kg del CEXP+3 kgMS de sorgo verde, T3= 2 kg del CEXP+10 g de *Saccharomyces cerevisiae*+3 kgMS de sorgo verde y T4= 3 kg del concentrado comercial del productor+ 3 kgMS de sorgo verde. EEM= error estándar de la media.

CONCLUSIONES

La adición de *Saccharomyces cerevisiae* afecto de manera significativa la producción de leche, la condición corporal y el peso de las vacas, así como tampoco afecto los componentes de la leche.

La cantidad de concentrado adecuada para este tipo de vacas es de 2kg de concentrado diario, debido a que la producción de leche no se incrementa dándoles 3 kg, de la misma manera no mejora la condición corporal de las vacas, así como el peso de las vacas.

BIBLIOGRAFIA

AFRC, Agricultural, Food and Research Council. 1993. Energy and Protein Requirements for Ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC technical committee on response to nutrients. CAB International, Wallingford, UK. 159 p.

Aguilar-Pérez, C. F., Cárdenas-Medina, J. V., Santos-Flores, J. S. (2001). Efecto de la suplementación con *leucaena leucocephala* sobre la productividad de vacas cruzadas, bajo dos cargas de pastoreo. Livestock Research for Rural Development (13) 4.

Ankom Technology. 2004. In vitro true digestibility using the DAISY II incubator. Consultado en World Wide Web. <http://www.ankom.com/09procedures/daisy>. Mayo del 2009.

AOAC, Association of Official Agricultural Chemist. 1990. Protein (crude) in animal feed. Copper catalyst kjeldahl method. In Official Method of Analysis of the association of official analytical chemists, 15th ed, Arlington, Virginia. p.74.

Bagheri, M., G. R. Ghorbani, H. R. Rahmani, M. Khorvash, N. Nili and K. H. Südekum. 2009. Effect of live yeast and mannan-oligosaccharides on performance of early-lactation Holstein dairy cows. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 22:812-818.

- Bruno, R. G. S., H. M. Rutigliano, R. L. Cerri, P. H. Robinson and J. E. P. Santos.** 2009. Effect of feeding *Saccharomyces cerevisiae* on performance of dairy cows during summer heat stress. *Anim. Feed Sci. Technol.* 150:175-186.
- Cabrera E. J. I., M. G. D. Mendoza, I. E. Aranda, C. García-Bojalil, G. R. Bárcena, y J. J. A. Ramos.** 2000. *Saccharomyces cerevisiae* and nitrogenous supplementation in growing steers grazing tropical pastures. *Animal Feed Science and Technology.* 83:49-55.
- Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica.** 1980. Estado de México. Escala 1:500 000. Coordinación de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. México D. F.
- Dann, H. M., J. K. Drackley, G. C. McCoy, M. F. Hutjens and J. E. Garrett.** 2000. Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 83:123.
- Ferguson, J. D., Galligan, D. T. and Thomsen, N.** 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77:2695.
- García, E.** 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. pp. 1-50.
- Hernández, R. Y Ponce, P.** 2003. Caracterización de la composición láctea en cuba y factores asociados a su variación. *Rev. Electr. de Vet.* 4(11). www.veterinaria.org/revista/redvet.
- Minson, D.** 1982. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. En: Hacker J. (Ed.). *Nutrition Limits to Animal Production from Pastures.* Farnham Royal G. CAB. p. 167-182.
- Moallem, U., H. Lehrer, L. Livshitz, M. Zachut and S. Yakoby.** 2009. The effects of live yeast supplementation to dairy cows during the hot season on production, feed efficiency, and digestibility. *J. Dairy Sci.* 92:343-351.
- Pulido, R.; Cerda, M.; Stehr, W.** 1999. Efecto del nivel y tipo de concentrado sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras en pastoreo primaveral. *Arch. Med. Vet.* 31(2):177-187. 1999.

- Ramos, J.J. A., Mendoza M. G. D., Aranda I.E., García-Bojalil, C., Bárcena G. R. y Alanís R. J.** . 1998. Escape protein supplementation of growing steers grazing stargrass. *Anim. Feed Sci. Technol.* 70:249-256.
- Randel, P. F., and J. Fernandez Van Cleve.** 1988. Confinement feeding of dairy cows based on stargrass as green chopped fodder or hay. *J. Agric. Univ. P. R.* 72 (2): 231-245.
- Schingoethe, D. J., K. N. Linke, K. F. Kalscheur, A. R. Hippen, D. R. Rennich and I. Yoon.** 2004. Feed efficiency of mid-lactation dairy cows fed yeast culture during summer. *J. Dairy Sci.*87:4178-4181.
- Stella, A. V., R. Paratte, L. Valnegri, G. Cigalino, G. Soncini, E. Chevaux, V. Dell'Orto and G. Savoini.** 2007. Effect of administration of live *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, milk composition, blood metabolites and faecal flora in early lactating dairy goats. *Small Rumin. Res.* 67:7-13.
- Steel RGD y Torrie H.** 1997. *Bioestadística: Principios y procedimientos.* Segunda edición. McGraw-Hill, México. 539 p
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA.**1994. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition *J. Dairy Sci.* 74:3583.

VIII. DISCUSION GENERAL

La calidad nutricional de las tres especies evaluadas es muy similar entre ellas y dependen en gran medida de la precipitación pluvial, lo cual concuerda con lo reportado por Juárez-Hernández *et al.* (2007).

La proteína cruda de las tres especies de pastos es mayor a lo que reportan otros autores en pastos tropicales (Bernal *et al.* 2008; Juárez *et al.* 2004 y Esqueda-Esquivel *et al.* 2009).

Los carbohidratos estructurales es un factor que determina la digestibilidad de la materia orgánica, así como el consumo. Estos se incrementan conforme la planta entra en etapa de maduración y la lignificación es mayor (Van Soest, 1994).

La producción de forraje es un factor que está determinado por la precipitación pluvial, esta se incrementa conforme la lluvia se establece bien y decrece cuando deja de llover, esta tendencia concuerda con lo encontrado por López-González *et al.* (2010).

Con la adición de *Saccharomyces cerevisiae*, en los tres experimentos hubo un incremento en la producción de leche; sin embargo, en dos de los experimentos el modelo estadístico no detectó diferencias significativas, debido a que SC aumenta la cantidad de bacterias celulíticas y por lo tanto el consumo de forraje aumenta. Robinson and Garrett, (1999) y Bruno *et al.*(2009) encontraron incrementos en producción de leche de 1 y 2 kg/día de leche, resultados similares a los encontrados en este trabajo. Sin embargo algunos investigadores como Schingoethe *et al.* (2004) y Bagheri *et al.* (2009) reportaron que la adición de SC no aumentó la producción de leche.

Con la adición de SC no se mejoró la calidad de los componentes de la leche, esto concuerda con lo reportado por Bagheri *et al.* (2009) y Moallem *et al.* (2009).

El peso vivo de las vacas no se vio afectado por los niveles de suplementación, así mismo por el tipo de concentrado, lo cual nos indica que tanto el concentrado comercial como el concentrado experimental, además de las características nutricionales del pasto cubrían los requerimientos de energía y proteína de cada una de las vacas, estos resultados son similares a los reportados por Aguilar-Pérez *et al.* (2001), quienes no encontraron diferencias

significativas al suplementar vacas con *Leucaena leucocephala* y sometidas a dos cargas de pastoreo de *Cynodon nlemfuensis*. Por otra parte la condición corporal no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$), resultados similares a los reportados por Dann *et al.* (2000) en vacas Jersey en clima templado y estabuladas, donde la adición de levaduras no afectó la condición corporal, como lo reportado por Stella *et al.*(2007); Bagheri *et al.* (2009) y Bruno *et al.*(2009).

IX. CONCLUSIONES GENERALES

Con respecto a las características nutricionales de los pastos se concluye que estas son muy similares y dependen en gran medida de las condiciones climatológicas.

En cuanto a la producción de forraje se concluye que los pastos introducidos tienen una mayor producción con respecto al pasto nativo que se evaluó en este trabajo.

A pesar de que el modelo estadístico no detectó diferencias significativas, sí se logró incrementar la producción con la adición de *Saccharomyces cerevisiae*; sin embargo, no hubo mejoras en los componentes de la leche.

La producción de leche, el peso de las vacas, así como la condición corporal, se mantuvo aún con los niveles más bajos de suplementación, por lo tanto se concluye que la cantidad adecuada es de 2 kg de concentrado.

X. REFERENCIAS

- (AFRC). 1993. Energy and Protein Requirements for Ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC technical committee on response to nutrients. CAB International, Wallingford, UK. 159 p.
- (AOAC). 1990. Protein (crude) in animal feed. Copper catalyst kjeldahl method. In Official Method of Analysis of the association of official analytical chemists, 15th ed, Arlington, Virginia. p.74.
- Abd El-Ghani, A. A. 2004. Influence of diet supplementation with yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance of Zaraibi goats. Small Rumin. Res. 52:223–229.
- Agnew, R. E., and T. Yan. 2000. Impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle. Livest. Prod. Sci. 66:197-215.
- Aguilar-Pérez, C. F., Cárdenas-Medina, J. V., Santos-Flores, J. S. (2001). Efecto de la suplementación con *leucaena leucocephala* sobre la productividad de vacas cruzadas, bajo dos cargas de pastoreo. Livestock Research for Rural Development (13) 4.
- Aguilera, B.A. 1988. Evaluación del efecto de la suplementación de rastrojo amoniatizado sobre la cinética ruminal y digestibilidad en borregos pelibuey. Tesis de Maestría. FES-C, UNAM., México, D.F.
- Alhadhrami, G., and J. T. Huber. 1992. Effects of alfalfa hay of varying fiber fed at 35 or 50% of diet on lactation and nutrient utilization by dairy cows. J. Dairy Sci. 75:3091-3099.
- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83:1598-1624.
- Alshaikh, M. A., M. Y. Alsiadi, S. M. Zahran, H. H. Mogawer, and T. A. Aalshowime. 2002. Effect of feeding yeast culture from different sources on the performance of lactating Holstein cows in Saudi Arabia. Asian-australas. J. Anim. Sci. 15:352–356.
- Andrighetto, I., Bailoni, L., Cozzi G., Berzaghi, P. 1993 Effects of yeast culture addition on digestion in sheep fed a high concentrate diet. Small Ruminant Research. 12:27-34.

- Ankom Technology. 2004. In vitro true digestibility using the DAISY II incubator. Consultado en World Wide Web. <http://www.ankom.com/09procedures/daiy>. Mayo del 2009.
- Arcos-García, J.L., Castrejón, F.A., Mendoza, G.D., Pérez-Gavilán, E.P. 2000 Effect of two comercial yeast cultures with *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. Livestock production science, Holanda. 63:153-157.
- Bagheri, M., G. R. Ghorbani, H. R. Rahmani, M. Khorvash, N. Nili and K. H. Südekum. 2009. Effect of live yeast and mannan-oligosaccharides on performance of early-lactation Holstein dairy cows. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 22:812-818.
- Ball, D. M., C. S. Hoveland, and G. D. Lacefield. 2002. Southern Forages. Potash Institute (PPI) and the Foundation for Agronomic Research (FAR). 3 rd ed. p.322.
- Bargo, F., L. D. Muller, J. E. Delahoy, and T. W. Cassidy. 2002a. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pastures allowances. J. Dairy Sci. 85:1777-1792.
- Bargo, F., L. D. Muller, J. E. Delahoy, and T. W. Cassidy. 2002b. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. J. Dairy Sci. 85:2948-2963.
- Beauchemin, K. A. 1991. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows. J. Dairy Sci. 74:3140-3151.
- Beauchemin, K. A., and L. M. Rode. 1994. Compressed baled alfalfa hay for primiparous and multiparous dairy cows. J. Dairy Sci. 77:1003-1012.
- Beauchemin, K. A., W. Z. Yang, D. P. Morgavi, G. R. Ghorbani, W. Kautz, and J. A. Z. Leedle. 2003. Effects of bacterial directfed microbials and yeast on site and extent of digestion, blood chemistry, and subclinical ruminal acidosis in feedlot cattle. J. Anim. Sci. 81:1628–1640.
- Bernal L, Ávila P, Ramírez G, Lascano C. 2008. Efecto de la suplementación con heno de *Calindra calothyrsus* y *Vigna unguiculata* sobre la producción de leche por vacas Holstein x cebú en Colombia. Asociación latinoamericana de producción animal 16:109-14.

- Bruno, R. G. S., H. M. Rutigliano, R. L. Cerri, P. H. Robinson and J. E. P. Santos. 2009. Effect of feeding *Saccharomyces cerevisiae* on performance of dairy cows during summer heat stress. *Anim. Feed Sci. Technol.* 150:175-186.
- Buckley, F., P. Dillon, S. Crosse, F. Flynn, and M. Rath. 2000. The performance of Holstein-Friesian dairy cows of high and medium merit for milk production on grass based feeding systems. *Livest. Prod. Sci.* 54:107-119.
- Callaway, E.S., Martín, S.A. 1997 Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *J. Dairy Sci.* 80:2035-2044.
- Campanile, G., F. Zicarelli, D. Vecchio, C. Pacelli, G. Neglia, A. Balestrieri, R. Di Palo and F. Infascelli. 2008. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on *in vivo* organic matter digestibility and milk yield in buffalo cows. *Livest. Sci.* 114:358-361.
- Cancel, E. 2002. Efectos del nivel de concentrado y contenido de proteína protegida en el consumo voluntario y producción de leche en vacas Holstein. Tesis de maestría. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.
- Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica. 1980. Mexico State Escala 1:500 000. Coordinación de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. Mexico City.
- Chiquette, J. 1995 *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* used alone or in combination, as a feed supplement for beef and dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 75:405-415.
- Church, D. C., W. G. Pond, y K. R. Pond. 2002. *Nutrición y Alimentación de Animales*. 2nd ed. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores - México, D. F. p. 605-619.
- Crosby, Ma. 1995 Efecto de la dosis de un cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación y en la digestibilidad ruminal de la fibra en borregos. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx.
- Dann, H. M., J. K. Drackley, G. C. McCoy, M. F. Hutjens and J. E. Garrett. 2000. Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 83:123-127.
- Davies DA, Fothergill CT, Morgan CT. 1993. Assessment of contrasting perennial ryegrasses, with and without white clover, under continuous sheep stocking in

- the uplands. 5. Herbage production, quality and intake in years 4–6. *Grass For. Sci.* 48, 213-222.
- Dawson, K.A. 1992 Current and future role of yeast culture in animal production: A review of research over the last Seven Years. In: E. Lyons Ed. *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's Ninth Annual Symposium*. Nicholasville, KY. USA. P 269-291.
- Dawson, K.A.; Newman, K.E., Boling, J.A. 1990 Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *J. Anim. Sci.* 68:3392-3398.
- Desmond C. 2006. The effect of Yea-sacc supplementation on the rumen physiology of lactating dairy cows. Lyons Research Farm. Alltech Pub. Paris, Francia.
- Dixon, R. M., and C. R. Stockdale. 1999. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. *Aust. J. Agric. Res.* 50: 757-773.
- Dolezal, P., J. Dolezal, and J. Trinacty. 2005. The effect of *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation in dairy cows. *Czech J. Anim. Sci.* 50:503.
- Drackley, J. K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J. Dairy Sci.* 93:2259-2273.
- Enríquez, Q. F., F .N. Meléndez y A. E. D. Bolaños. 1999. Tecnología para la producción de forrajes tropicales en México. INIFAP. Libro Técnico No.7. p. 261.
- Erasmus, L. J., P. H. Robinson, A. Ahmadi, R. Hinders, and J. E. Garrett. 2005. Influence of prepartum and postpartum supplementation of a yeast culture and monensin, or both, on ruminal fermentation and performance of multiparous dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 122:219–239.
- Esqueda-Esquivel V A, Montero-Lagunes M, Juárez-Lagunes F I. 2009. Efecto de métodos de control de maleza en la productividad y calidad del pasto estrella de áfrica (*Cynodon plectostacyus* (K. Shum.) Pilg.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:393-404.
- Ferguson JD, Galligan DT and Thomsen N. 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci* 77:2695.
- Galloway, D.L., Goetsch, A.L., W. Sun, Forester Jr, L.A. 1991 Effect of addition of sodium bicarbonate salt, *Aspergillus oryzae* culture extract, niacin, lysine or phenylalanine to ground corn-based supplements on feed intake and digestion

- by Holstein steers consuming Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) hay. *Animal Feed Sci. and Technology*. 32:261-273.
- Gedek, B., Enders, C., Ahrens, F., Roques, C. 1993 The effect of *Saccharomyces cerevisiae* (BIOSAF Sc 47) on ruminal flora and rumen fermentation pattern in dairy cows. *Ann Zootech*. 42:175.
- Giger-Reverdin, S., N. Bezault, D. Sauvant and G. Bertin. 1996. Effects of a probiotic yeast in lactating ruminants: Interaction with dietary nitrogen level. *Anim. Feed Sci. Technol*. 63:149- 162.
- Grant, R. J. 1997. Interaction among forages and nonforage fiber sources. *J. Dairy Sci*. 80:1438-1446.
- Grummer, R. R. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci*. 73:2820-2833.
- Guedes, C. M., D. Goncalves, M. A. M. Rodrigues, and A. Dias-da-Silva. 2008. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* yeast on ruminal fermentation and fibre degradation of maize silages in cows. *Anim. Feed Sci. Technol*. 145:27–40.
- Harris, B., Jr., D. E. Dorminey, W. A. Smith, H. H. Van Horn, and C. J. Wilcox. 1992. The effect of Yea-Sacc supplementation on milk yield and composition under large herd management conditions. *J. Dairy Sci*. 75(Suppl. 1):313.
- Harrison, G. A., R. W. Hemken, K. A. Dawson, R. J. Harmon, and K. B. Barker. 1988. Influence of addition of yeast culture supplement to diets of lactating cows on ruminal fermentation and microbial
- Hodgson, J. 1994. Manejo de pastos. Teoría y práctica. Edit. Diana, Mexico City, pp. 55-180.
- Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci*. 69:2755-2766.
- Ingvartsen, K. L., O. Aaes, and J. B. Andersen. 2001. Effects of pattern of concentrate allocation in the dry period and early lactation on feed intake and lactational performance in dairy cows. *Livest. Prod. Sci*. 71:207-221.
- Jaquette, R. D., A. H. Rakes, and W. J. Croom, Jr. 1986. Effects of dietary protein on milk, rumen, and blood parameters in dairy cattle feed low fiber diets. *J. Dairy Sci*. 69:1026-1034.
- Jouany, J.P. 1994 Methods of manipulating the microbial metabolism in the rumen. *Ann Zootech*. 43:49-62.

- Juárez H J, Bolaños E D, Reinoso M. 2004. Content of protein per unit of dry matter accumulated in tropical pastures. Cuban Journal of Agricultural Science 38: 415-22.
- Juarez-Hernández J and Bolaños-Aguilar E D. (2007). Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. Universidad y Ciencia 23:81-90.
- Kellaway, R., and S. Porta. 1993. Feeding concentrates supplements for dairy cows. Dairy Res. Dev. Corp. Australia.
- Kennedy, J., P. Dillon, L. Delaby, P. Faverdin, G. Stakelum, and M. Rath. 2003. Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. J. Dairy Sci. 86: 610-621.
- Kim H.S., Ahn B.S., Chung S.G., Moon Y.H., Ha J.K., Seo I.J., Ahn B.H., Lee S.S. 2006 Effect of yeast culture, fungal fermentation extract and non-ionic surfactant on performance of Holstein cows during transition period. Anim Feed Sci Technol, 126, 23-29.
- Kleen, J. L., G. A. Hooijer, J. Rehage, and J. P. T. M. Noordhuizen. 2003. Subacute ruminal acidosis (SARA): A review. J. Vet. Med. A. 50:406–414.
- Kolver, E. S., A. R. Napper, P. J. A. Cooper, and L. D. Muller. 2000. A comparison of New England and overseas Holstein Friesian heifers. Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod. 60:265-269.
- Kolver, E. S., L. D. Muller, G. A. Varga, and T. J. Cassidy. 1998. Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows. J. Dairy. Sci. 81:2017-2028.
- Kumar, V.K., Sareen, P.K., Singh, S. 1994 Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture supplements on ruminal metabolism in buffalo calves given a high concentrate diet. Brit Soc. Anilm Sci. 59:209-215.
- Kung, L. Jr., E. M. Kreck, R. S. Tung, A. O. Hession, A. C. Sheperd, M. A. Cohen, H. E. Swain, and J. A. Z. Leedle. 1997. Effects of a live yeast culture and enzymes on in vitro ruminal fermentation and milk production of dairy cows. J. Dairy Sci. 80:2045–2051.
- Lescoat, P., D. Ali-Haimoud-Lekhal, and C. Bayourthe. 2000. Effets de *Saccharomyces cerevisiae* et *Aspergillus oryzae* sur la digestion et le

fonctionnement ruminal: Étude bibliographique. Page 199 in 7èmes Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris, France.

- López-González F, Estrada-Flores J G, Aviles-Nova F, Yong-Angel G, Hernández-Morales P, Martínez-Loperena R, Pedraza-Beltrán P E, Castelán-Ortega O A. 2010. Agronomic evaluation and chemical composition of african star grass (*Cynodon plectostacyus*) in the southern region of the state of México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12:1-9.
- Lundquist, R. G., D. E. Otterby, and J. G. Linn. 1986. Influence of formaldehyde-treated soybean meal on milk production. *J Dairy Sci.* 69:1337-1345.
- Martin, S. A., and D. J. Nisbet. 1992. Effect of direct-fed microbials on rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 75:1736–1744.
- Mcallister, T.A., Bae, H.D., Jones, G.A., Cheng, K.J. 1994 Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J. Anim. Sci.* 72:3004-3018.
- McGilloway, D. A., and C. S. Mayne. 1996. The importance of grass availability for the high genetic merit dairy cow. *Recent Advances in Animal Nutrition*. P. C. Garnsworthy, J. Wiseman, and W. Haresing, (ed). Nottingham Univ. Press. UK. p. 135
- Mcleod, K.R., Karry, K.J., Dawson, K.A., Mitchell, Jr., G.E. 1991 Influence of yeast culture and monensin on ruminal metabolic end products and feedlot performance, In:T.P. Lyons Ed. *Biotechnology in the feed Industry*. Alltech's Technical Publications. Nicholasville. KY.USA.
- Mendoza, M.G.D. 1991 Site and extent of starch digestión in ruminantes feed high grain diets. I. Role of ruminal protozoa. II. Mixtures of high moisture corn and dry rolled sorghum III. Duodenal infusion of Casein. Doctoral Dissertation. University of Nebraska, Lincoln.
- Mendoza, M.G.D., Ricacalde-Velasco R. 1993 Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. Universidad Autónoma Metropolitana. Cap. 9. Uso de aditivos alimenticios. P 97.
- Miller-Webster, T; Hoover, Wh; Holt, M; Nocek, Je. 2002 Influence of yeast culture on ruminal microbial metabolism in continuous culture. *Journal Of Dairy Science*, 85 (8):2009-2014.
- Minitab 2003. V 14 Statistical software. User's guide II: Data analysis and quality tools, graphics, and Macros. USA.

- Moallem, U., H. Lehrer, L. Livshitz, M. Zachut and S. Yakoby. 2009. The effects of live yeast supplementation to dairy cows during the hot season on production, feed efficiency, and digestibility. *J. Dairy Sci.* 92:343-351.
- Muller, L. D., and S. L. Fales. 1998. Supplementation of cool-season grass pastures for dairy cattle. *Grass for Dairy Cattle*. Cherney, H. J., and D. J. R. Cherney, (ed). CAB International. p. 335
- Mutsvangwa, T., Edwards, I. E., Topps, J. H. and Paterson, G. F. M. 1992. The effect of dietary inclusion of yeast culture (Yea-Sacc) on patterns of rumen fermentation, food intake and growth of intensively fed bulls. *Anim. Prod.* 55: 35-40.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Newbold, C.J.; Wallace, R.J.; McIntosh, F.M. (1996). Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. *British Journal Nutrition*, v.76, p.249-261,
- Nisbet, D.J.; Martin, S.A. 1991. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *Journal of Animal Science*, 69: 4628-4633.
- Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill, and D. R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 76:275–286.
- Piva, G., S. Belladonna, G. Fusconi, and F. Sicbaldi. 1993. Effects of yeast on dairy cow performance, ruminal fermentation, blood components, and milk manufacturing properties. *J. Dairy Sci.* 76:2717–2722.
- Plata, P.F., Mendoza, M.G., Barcena-Gama, González, M.S. 1994 Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on neutral detergent fiber digestion in steer fed oat straw based diets. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 49:203-210.
- Rabelo, E., R. L. Rezende, S. J. Bertics, and R. R. Grummer. 2003. Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:916-925.
- Randel, P. F. 1995. Two hay:concentrate ratios in total mixed rations for cows at different stages of lactation. *J. Agric. Univ. P.R.* 79:29-39.

- Randel, P. F., and J. Fernandez Van Cleve. 1988. Confinement feeding of dairy cows based on stargrass as green chopped fodder or hay. *J. Agric. Univ. P. R.* 72 (2): 231-245.
- Reis, R. B., and D. K. Combs. 2000a. Effects of corn processing and supplemental hay on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. *J. Dairy Sci.* 83:2529-2538.
- Reis, R. B., and D. K. Combs. 2000b. Effects of increasing levels of grain supplementation on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pastures. *J. Dairy Sci.* 83:2888-2898.
- Rivas J, Díaz T, Hahn M and Bastidas P (2008). Efecto de la suplementación con *Sacharomyces cerevisiae* sobre la producción de leche al inicio de la lactancia en vacas lecheras. *Zootecnia Trop* 26: 421-428.
- Robaina, A. C., C. Grainger, P. Moate, J. Taylor, and J. Stewart. 1998. Response to grain feeding by grazing dairy cows. *Aust. J. Exp. Agric.* 38:541-549.
- Robinson, P. H. 2002. Yeast products for growing and lactating dairy cattle: impacts on rumen fermentation and performance. In XII Int. Meet. Milk Meat Prod. Hot Clim., Mexicali, Mexico.
- Robinson, P.H., Garrett, J.E. 1999. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) On adaptation of cows to postpartum diets and on lactational performance. *J. Anim. Sci.* 77:988-999.
- Ruíz, T. M., and Rosario, L. M. 2004. Forage quality of legume hays fed to dairy cows in the tropics. *J. Dairy Sci.* 87 (Suppl. 1): 52 (Abstr.).
- Ruiz, T. M., E. Bernal, C. R. Staples, L. E. Sollenberger, and R. N. Gallaher. 1995. Effect of dietary neutral detergent fiber concentration and forage source on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 78:305-319.
- Santos PFA, Carolina de Almeida Carmo AC, Júnio Cesar Martinez CJ, Pires VA and Bittar MCM (2006). Desempenho de vacas em lactação recebendo dietas com diferentes teores de amido total, acrescidas ou não de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*)1R. *Bras. Zootec* 35: 1568-1575.
- Sauvant, D., S. Giger-Reverdin, and F. Meschy. 2006. Le contrôle de l'acidose ruminale latente. *Prod. Anim.* 19:69–78.

- Schingoethe, D. J., K. N. Linke, K. F. Kalscheur, A. R. Hippen, D. R. Rennich and I. Yoon. 2004. Feed efficiency of mid-lactation dairy cows fed yeast culture during summer. *J. Dairy Sci.* 87:4178-4181.
- Semptey, F., Devisscher, A. 1991 A french approach to optimizing rumen utilization of forage. In: T. P. Lyons Eds. *Biotechnology in the Feed Industry*. Alltech's Technical Publications. Nicholasville. KY.USA.
- Sheperd, A. C., and D. K. Combs. 1998. Long-term effects of acetate and propionate on voluntary feed intake by midlactation cows. *J. Dairy Sci.* 81: 2240-2250.
- Soder, K. J. and L. A. Holden. 1999. Dry matter intake and milk yield and composition of cows fed yeast prepartum and postpartum. *J. Dairy Sci.* 82:605-610.
- Sohn, H.J., Song M.K. 1996 Effect of feeding yeast diets on the ruminal fermentation characteristic and whole tract digestibility by sheep. *Korean J. Anim. Sci.* 38:578-588.
- Steel RGD y Torrie H. 1997. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. Segunda edición. McGraw-Hill, México. 539 p.
- Stella, A. V., R. Paratte, L. Valnegri, G. Cigalino, G. Soncini, E. Chevaux, V. Dell'Orto, and G. Savoini. 2007. Effect of administration of live *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, milk composition, blood metabolites, and faecal flora in early lactating dairy goats. *Small Rumin. Res.* 67:7-13.
- Stockdale, C. R. 1999. The nutritive characteristics of herbage consumed by grazing dairy cows affect milk yield response obtained from concentrate supplementation. *Aust. J. Exp. Agric.* 39: 379-387.
- Swartz, D. L., L. D. Muller, G. W. Rogers and G. A. Varga. 1994. Effect of yeast cultures on performance and lactating dairy cows: a field study. *J. Dairy Sci.* 77:3073-3080.
- Valenciaga, D. y B. Chongo. 2004. La pared celular. Influencia de su naturaleza en la degradación microbiana ruminal de los forrajes. *Rev. Cubana Cienc Agríc.* 38: 343-350.
- Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A.1994. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583.

- Voelker, J. A., G. M. Burato, and M. S. Allen. 2002. Effect of pretrial milk yield on response of feed intake, digestion, and production to dietary forage concentration. *J. Dairy Sci.* 85:2650-2661.
- West, J. W., B. G. Mullinix, and T. G. Sandifer. 1997. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. *J. Dairy Sci.* 73: (Suppl. 1): 164. (Abstr.).
- White, S. L., G. A. Benson, S. P. Washburn, and J. T. Green, Jr. 2002. Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 85:95-104.
- Wiedmeier, R. D., M. J. Arambel, and J. L. Walters. 1987. Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.* 70:2063–2068.
- Yalçın S, Yalçın S, Can P, Gürdal AO, Bağcı C and Elton Ö (2011). The nutritive value of live yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and its effect on milk yield, milk composition and some blood parameters of dairy cows. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*24: 1377-1385.
- Yoon, I. K., and M. D. Stern. 1996. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* cultures on ruminal fermentation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:411–417.
- Zimmerman, C. A., A. H. Rakes, R. D. Jaquette, B. A. Hopkins, and W. J. Croom, Jr. 1991. Effects of protein level and forage source on milk production and composition in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:980-990.