



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



**DIETAS CONCENTRADAS CON DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA
SOBRE EL CONSUMO DE FRACCIONES DE FIBRA Y CAMBIOS DE PESO
DE VACAS HOLSTEIN**

Por:

Heriberto García Hernández

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo Zootecnista**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



**DIETAS CONCENTRADAS CON DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA
SOBRE EL CONSUMO DE FRACCIONES DE FIBRA Y CAMBIOS DE PESO
DE VACAS HOLSTEIN**

Por:

Heriberto García Hernández

**Anteproyecto de Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

Asesores: **Dr. Manuel Antonio Ochoa Cordero**

M.C. Felipe de Jesús Morón Cedillo

Revisor: **IAZ Leticia Calderón Chávez**

Asesor Externo: **Dr. Cesar Augusto Rosales Nieto**

La Tesis Profesional titulado **“DIETAS CONCENTRADAS CON DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA SOBRE EL CONSUMO DE FRACCIONES DE FIBRA Y CAMBIOS DE PESO DE VACAS HOLSTEIN”** fue realizado por **Heriberto García Hernández**, como requisito parcial para obtener el título de “Ingeniero Agrónomo Zootecnista” fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. Manuel Antonio Ochoa Cordero

Asesor

MC Felipe de Jesús Moron Cedillo

Asesor

IAZ Leticia Calderon Chavez

Revisor

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. a los 17 días del mes de diciembre de 2013.

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza de concluir con mis estudios

A mis Padres por ser el motor incondicional en esta etapa de mi vida

A mi Hermano y Hermanas

A mi novia Ana Gabriela Llanas Hernández por todo su apoyo

A mis profesores MC Felipe de Jesús Morón Cedillo y Dr. Manuel Antonio Ochoa Cordero por el apoyo para que se llevara a cabo este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma de San Luis Potosí**, que ha sido mi casa de estudios y donde pase grandes momentos de mi vida.

A mi **Facultad de Agronomía y Veterinaria** por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de crecer tanto profesional como personalmente.

A Dios por permitirme vivir esta etapa de mi vida y concluirla.

A mis asesores

Dr. Manuel Antonio Ochoa Cordero

MC. Felipe de Jesús Morón Cedillo

IAZ. Leticia Calderón Chávez

Que me toleraron y me ayudaron a concluir este trabajo.

A mis profesores

Por transmitirme sus conocimientos y muchos de ellos ser mis amigos

A mis compañeros:

Que en las buenas y en las malas siempre me apoyaron: José Heriberto, Adalberto, Yarel, Macareno, Charre, Efraín, Fernando, Alejandro, Javier (Homie), Félix, Omar y al MC, y a todos los que se me olvidaron.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
Significado de las Fracciones de Fibra o Paredes Celulares.....	2
La Importancia de la Fibra en el Funcionamiento del Rumen.....	2
La Importancia del Forraje como Aporte de Fibra.....	2
Consumo de Fracciones de Fibra en Vacas Lecheras.....	3
Efecto del Nivel de Proteína en la Dieta de Vacas Lecheras.....	4
Cambios de Peso en Vacas Lecheras en Producción.....	6
Periodo de Lactación.....	7
MATERIALES Y METODOS.....	8
Localización.....	8
Duración del Experimento.....	8
Animales.....	8
Raciones.....	8
Manejo de las Vacas.....	9
Parámetros a Medir.....	10
Prueba Estadística.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
Consumos de Fracciones de Fibra.....	11
Cambios de Peso.....	14

CONCLUSIONES..... 16
LITERATURA CITADA..... 17

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Suministro de concentrados con diferentes niveles de proteína a vacas Holstein en lactación.....	9
2	Análisis de fracciones de fibra de los concentrados con diferentes niveles de proteína suministrados a vacas Holstein en lactación.....	10
3	Medias (\pm DE) de consumo (kg) de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de vacas Holstein alimentadas con concentrados de diferentes niveles de proteína (%) y forraje.....	11
4	Medias (\pm DE) de peso inicial, peso final y cambios de peso (kg) de vacas Holstein alimentadas con concentrados de diferentes niveles de proteína (%) y forraje.....	14

RESUMEN

Con el objetivo de medir el efecto de concentrados con diferentes niveles de proteína en el consumo de fracciones de fibra y cambios de peso, se utilizaron 4 vacas de la raza Holstein con más de dos partos, peso promedio de 570 ± 17 kg y 76 ± 6 días de lactancia. La alimentación se realizó con tres concentrados con diferentes niveles de proteína (12, 14 y 16 %) y un concentrado comercial (16 % P.C.), además de alfalfa verde y seca. El trabajo tuvo una duración de 56 días con 7 días de adaptación antes de cada periodo y 7 días de prueba en cada uno de los tratamientos. Las variables a analizar fueron consumos de la fibra detergente neutro (FDN kg/d), fibra detergente ácido (FAD kg/d). Además del peso inicial, peso final y cambios de peso (kg) de las vacas. El consumo de la fibra detergente neutro (FDN) del forraje no fue diferente significativamente ($p>0.05$). El consumo de fibra detergente neutro (FDN) del concentrado fue mayor ($p<0.05$) con el nivel 14 % PC, menor con el testigo (16 % PC), y similares con los niveles de 12 y 16 % PC. El consumo de la fibra detergente neutro total (FDN) (forraje + concentrado) fue mayor ($p<0.05$) con el nivel de 14 % PC. Con el concentrado testigo (16 % PC) se tuvieron los menores consumos de fibra detergente neutro (FDN) total; y consumos similares tuvieron las vacas alimentadas con los niveles de 12 y 16 % PC. El consumo de la fibra detergente ácido (FDA) del forraje no fue diferente significativamente ($p>0.05$). El consumo de fibra detergente ácido (FDA) del concentrado fue mayor ($p<0.05$) con el nivel de 16 y 14% PC, y menor con el nivel de 12% PC, y similares con los niveles de 12% y testigo (16 % PC). El consumo de la fibra detergente ácido (FDA) total (forraje + concentrado) fue mayor ($P<0.05$) con los niveles de 14, 16 y testigo (16% PC). El menor consumo se obtuvo con el nivel de 12 % PC. Se observó una mayor pérdida de peso (-6.25 kg) en las vacas alimentadas con el nivel del 16% PC. Con el nivel del 14 % PC hubo un incremento de peso (4.25 kg). Las vacas que consumieron la ración testigo (16 % PC) y el nivel del 12 % PC presentaron pérdidas de peso similares (-3.25 y -3.5 kg) durante el trabajo. En conclusión, el consumo de fibra detergente neutro (FDN) a partir del concentrado y total (forraje + concentrado) fue mayor con el nivel de 14% PC. El consumo de fibra detergente ácido (FDA), a partir del concentrado fue mayor con el nivel de 14 y 14% PC. Los consumos de la fibra

detergente ácido (FDA) total (forraje + concentrado), fueron similares en los niveles con 14, 16 y testigo (16 % PC). Se produjo un incremento de peso en las vacas alimentadas con el nivel del 14 % PC. Con los otros niveles de PC hubo pérdidas de peso en las vacas.

SUMMARY

In order to measure the effect of concentrates with different protein levels in the consumption of fiber fractions and weight changes, 4 Holstein cows were used over two party, average weight 570 ± 17 kg and 76 ± 6 day lactation. The feeding was done with three different levels of concentrated protein (12, 14 and 16 %) and a commercial concentrate (16 % PC) as well as green and dry alfalfa. The work lasted 56 days with 7 days of adaptation period before each test and 7 days in each of the treatments. The variables analyzed were consumption of neutral detergent fiber (NDF kg/d), acid detergent fiber (ADF kg/d). The initial weight, final weight and weight change (kg) of cows were taken. The consumption of neutral detergent fiber (NDF) from forage was not significantly different ($p>0.05$). Consumption of neutral detergent fiber (NDF) of the concentrate was higher ($p<0.05$) with 14 % PC level, lower to the control (16 % CP), and similar to the levels of 12 and 16 % PC. The total consumption of neutral detergent fiber (NDF) (forage + concentrate) was higher ($p<0.05$) with the level of 14 % PC. The concentrate control (16 % CP) lower consumption of neutral detergent fiber (NDF) had total, and had similar consumption cows fed levels 12 and 16 % PC. The consumption of acid detergent fiber (FDA) forage did not differ significantly ($p>0.05$). The consumption of acid detergent fiber (FDA) of the concentrate was higher ($p<0.05$) with the level of 16 and 14 % CP, and lower level with 12 % PC, and similar to levels of 12 % and control (16 % PC). The consumption of acid detergent fiber total (FDA) (forage + concentrate) was higher ($P<0.05$) with levels 14, 16 and control (16 % CP). The lower power level was obtained with 12 % PC. Greater weight loss (-6.25 kg) in cows fed the 16 % level of PC was observed. With the level of PC was 14 % weight increase (4.25 kg). Cows fed the control diet (16 % CP) and the level of 12 % PC showed similar weight loss (-3.25 and -3.5 kg). In conclusion, the consumption of neutral detergent fiber (NDF) from the concentrate and total (forage + concentrate) was higher with 14 % PC level. The consumption of acid detergent fiber (FDA) from the concentrate was increased to the level of 14 and 14 % PC. The consumption of acid detergent fiber total (FDA) (forage + concentrate) was similar in the levels of 14, 16 and control (16 % CP). Weight increased in cows fed the 14 % CP level occurred. With other levels of PC were lost weight in cows.

INTRODUCCIÓN

Los carbohidratos son los mayores componentes en la dieta de vacas lecheras, contribuyendo con el 60 a 70 % de la energía necesaria para la producción de leche. El alto consumo de forrajes en la dieta de vacas lecheras, indica la importancia de éstos como fuente de energía, a través de su contenido de fibra. En los forrajes se separan los carbohidratos como fracciones. La fibra detergente neutro (FND) está representada por hemicelulosa, celulosa y lignina que son difíciles de digerir. De acuerdo a Mertens (1992) el consumo de la materia seca puede ser una limitante en vacas con producciones de aproximadamente 40 kg/d de leche y que son alimentadas con alrededor del 32 % de FND. Para vacas con producciones de 20 kg/d de leche, el consumo se inhibió cuando se alcanzó alrededor del 44 % de FND. Dietas con menos del 25 % de FND total y menos de alrededor del 16 % de FND proveniente del forraje, deprimen el porcentaje de grasa en la leche (Clark y Armentano, 1993). La fibra ácido detergente (FAD) no incluye a la hemicelulosa. El incremento de los requerimientos en FDN también incrementa los requerimientos de FAD (NRC. 2001). Por otra parte, se conoce de la pobre eficiencia de conversión del nitrógeno dietético a leche o a ganancia de nitrógeno tisular por los rumiantes, lo cual permite pérdidas importantes de nitrógeno a través de las heces y orina (Bequette *et al.*, 2003). Asimismo, la habilidad para reducir los niveles de proteína dietética, aún manteniendo la producción de leche y comportamiento, tiene el potencial para reducir la liberación del nitrógeno al medio ambiente por los rumiantes y puede tener ventajas económicas para el productor, reduciendo los costos del alimento (Tamminga, 1992). Por lo tanto es importante considerar las fracciones de fibra y nivel de proteína contenida tanto en la ración como en el forraje suministrado a los animales y determinar su posible comportamiento.

Objetivo

Evaluar el efecto de concentrados con diferentes niveles de proteína en el consumo de fracciones de fibra y cambios peso de vacas Holstein después del pico de lactación.

REVISIÓN DE LITERATURA

Significado de las Fracciones de Fibra o Paredes Celulares

La evaluación de la calidad de los forrajes se hace por métodos sugeridos por Van Soest (1963). Estos procedimientos, resultan en una fracción de fibra detergente neutro (NDF), también referida como paredes celulares; una fracción de fibra detergente ácido (ADF); y una fracción de lignina detergente ácida (ADL). La fracción de fibra detergente neutro (NDF), se relaciona negativamente con la ingestión del alimento y las fracciones de fibra detergente ácido (ADF) y de lignina detergente ácida (ADL) se relacionan negativamente con la digestibilidad del forraje (Van Soest, 1965; Van Soest y Mertens, 1977; Donker, 1989).

La Importancia de la Fibra en el Funcionamiento del Rumen

Los carbohidratos estructurales (fibra del forraje) suministran el estímulo físico para el inicio de la rumia y determinan un papel importante en el mantenimiento de la integridad y funcionamiento del rumen. Además del porcentaje de NDF de la dieta, el tamaño de la partícula del forraje del que proviene ese NDF es fundamental. El aumento del NDF aportado por el forraje de la dieta aumenta el pH del rumen como resultado de un aumento en la masticación y producción de saliva. Ha sido demostrado que a medida que el pH del rumen aumenta también lo hace la grasa de la leche. La investigación ha demostrado que con un pH ruminal superior a 6.0, el porcentaje de grasa de la leche en vacas Holstein era de 3.5 o superior (García y Kalscheur, 2006).

La Importancia del Forraje como Aporte de Fibra

Los forrajes son alimentos altos en fibra y por lo tanto, la calidad del forraje esta determinada por los niveles de fibra y a su vez, el contenido de fibra se incrementa con la maduración del forraje. Los forrajes con alto contenido de fibra tienen baja palatabilidad, bajo nivel de proteína y son menos digestibles que forrajes de alta calidad. Además, la ingestión de la material seca mediante los forrajes determina la cantidad y tipo de grano requerido en la ración. El alto consumo de forrajes de alta calidad en vacas lecheras determina la economía de los programas de alimentación. A su vez, la ingestión de forraje depende de la calidad del mismo, tamaño de la vaca y nivel de grano en la

ración. Es también conocido, que los forrajes con alto contenido de fibra reducen la ingestión de materia seca; así, una vaca puede consumir el 3 % de su peso vivo como materia seca a partir de un heno de excelente calidad; del 1.8 a 2.2 % del peso vivo por día como materia seca, procedente de forrajes secos de calidad promedio, pero solamente el 1.5 % a partir de un heno de baja calidad (Wheeler, 1993).

En promedio una vaca con peso de 550 kg y 30 kg de leche puede consumir el 3.7% de su peso corporal en material seca por día (forraje más concentrado) equivalente a 20.4 kg. Una vaca de más peso (650 kg) con la misma producción de leche, puede consumir el 3.4% de su peso vivo en materia seca (22.1 kg/d) (Wheeler, 1993).

Tessmann *et al.* (1991), en vacas lecheras divididas en inicio (semana 1 a 12, mitad (semana 13 a 26), y periodo final de la lactancia (semana 27 a 44). Observaron un decremento de la ingestión de la materia seca, aspecto observado en otros trabajos (Coppock *et al.*, 1972; Holter *et al.*, 1982) al incrementarse la relación F:C. De acuerdo a Holter *et al.* (1984) la alimentación con cantidades altas de concentrados (grano:leche, 1:2) a vacas primíparas al inicio de la lactación para incrementar el consumo de materia seca no es necesario cuando se alimentan con forrajes de alta calidad.

Consumo de Fracciones de Fibra en Vacas Lecheras

En las dietas para ganado lechero, se recomiendan niveles de un 19 a 21 % de ADF y un 25 a 30 % de NDF, para mantener una óptima capacidad buffer del medio ruminal (NRC, 1989). Sin embargo, la calidad (forma física de la fibra), así como la cantidad (concentración de fibra en la dieta), deben ser consideradas para asegurar que la masticación mantenga la función normal del rumen (Woodford *et al.*, 1986).

La ingestión de la materia seca está relacionada con la cantidad de FND en los forrajes (Mertens y Dado, 1993). Se ha demostrado en vacas al inicio de lactación, que un 35 % de FND restringe el consumo de materia seca debido al volumen del alimento que permite el llenado del rumen, lo cual no sucede con niveles de 25 % de FND con alimento con o sin masa inerte (Dado y Allen, 1995). En diversos estudios, ha demostrado que se presenta una disminución en el consumo de materia seca al incrementar la concentración de FND en dietas que exceden el 25 % de FND (Allen, 2000).

Mertens (1987) propuso que las vacas lecheras comen una cantidad constante de FDN (aproximadamente 1.2 % del peso corporal), y por consiguiente al conocer el peso del animal y la concentración de FDN de la dieta, se podía predecir el consumo voluntario de materia seca (MS). Según Mertens (1992) el requerimiento de FDN de las vacas en mitad y final de lactación es de 1.1 % del peso corporal. Al inicio de lactancia la relación de FDN con el peso corporal es de 0.87 a 1.00 % en vacas adultas y en las primerizas oscila de 0.78 a 0.90 %.

Se ha sugerido que vacas con un peso aproximado de 600 kg consumen una cantidad máxima de NDF cercana al 1.2 % del peso corporal, lo cual se conoce como efecto de llenado y es regulado por la distensión del rumen. Una vaca con esas condiciones, consumirá aproximadamente 7.0 kg NDF o aproximadamente 23 kg de materia seca de una dieta que contiene 32 % de NDF. Cuando solamente se considera el NDF del forraje, el límite para el llenado del rumen es más bajo, ubicándose entre el 0.75 y el 1.1 % del peso corporal. Cuando la fibra efectiva es igual o superior al 20 % de la dieta; o cuando el pH del rumen es superior a 6.0, el porcentaje de grasa de la leche en vacas Holstein era 3.5 o superior. Sin embargo, cuando el tamaño de partícula del forraje o la ración total es muy pequeña, se debe usar un mínimo de consumo de NDF mayor al 0.85 % del peso vivo. Cuando disminuye el NDF de la dieta, es necesario aumentar la cantidad de NDF del forraje y suministrar más carbohidratos no fibrosos, si se quiere aumentar la producción de leche (García y Kalscheur, 2006).

Efecto del Nivel de Proteína en la Dieta de Vacas Lecheras

En vacas lecheras el periodo crucial, desde el punto vista de la nutrición de la proteína, es durante las primeras 9 a 11 semanas de lactación. A menos que la vaca pueda movilizar proteína y grasa (energía) de acuerdo a las necesidades, la ración tendrá que ser enriquecida con proteína (Satter y Roffler, 1977).

Paquay *et al.* (1973) sugieren la posibilidad que una vaca pueda almacenar y luego perder 15 kg o más de proteína corporal. La aseveración de que el 15 % del peso corporal es proteína, esencialmente coincide con los datos de la composición corporal en estudios realizados en vacas. Se presenta una reducción anómala en el porcentaje de proteína cruda requerida alrededor de la 5^{ta} semana, con una aparente repercusión a

valores más altos en la 7^a semana. Este es el resultado de un cambio abrupto de una gran pérdida de peso durante la 5ta semana a una reducida ganancia diaria de peso durante la 7ta semana (Satter y Roffler, 1977).

En un trabajo con vacas lecheras se aplicaron tres dietas (60 % ensilaje de maíz y 40 % de concentrado) con diferentes fuentes y niveles de proteína: Suplemento bajo en proteína (LP) (5 % harina de soya + 1.2 % de urea en la dieta), suplemento alto en proteína conteniendo harina de soya (HP-SB) (19 % harina de soya) y suplemento alto en proteína conteniendo harina de soya tratada con formaldehído (HP-FTSB) (12 % de harina de soya tratada + 1.2 % de urea en la dieta). La ración HP tuvo un incremento significativo en la ingestión de la materia seca (+1.2 kg.d⁻¹; $p < 0.05$) comparada con el tratamiento bajo en proteína (LP). Sin embargo, el tratamiento con harina de soya tratada no afectó la ingestión de la materia seca ($p > 0.05$). Por otro lado, Las vacas altamente productivas consumieron más que las vacas con producción media con el tratamiento bajo en proteína (LP) (+2.3 kg.d⁻¹) ($p < 0.05$) (M'Hamed *et al.*, 2001).

Davidson *et al.* (2003) no encontraron efecto del contenido de PC (entre 16.5 y 19.4 % PC) sobre la ingestión de la materia seca, la cual promedio de 22.9 a 24.1 kg d⁻¹. Broderick (2003) observó un efecto lineal creciente sobre la ingestión de la material seca cuando la harina de soya parcialmente reemplazó el maíz con alta humedad, resultando dietas con contenidos de proteína de 15.1, 16.7 y 18.4 % PC. A su vez, Reynal y Broderick (2003) observaron un bajo consumo de la materia seca (7.7 %, o 1.8 kg d⁻¹) en vacas que recibieron una dieta con un 16 % PC en comparación con animales alimentados con una dieta con 19 % PC, la proteína extra fue aportada por la harina de soya. En estudios más recientes en vacas, incrementos de proteína cruda en la dieta desde 16.2-17.2 % hasta 20 % no incrementó la ingestión de la materia seca en varios estudios (Ipharraguerre y Clark, 2005; Reynal y Broderick, 2005; Groff y Wu, 2005; Olmos *et al.*, 2006a; Olmos *et al.*, 2006b). A su vez, Cabrita *et al.* (2007) reportaron un incremento en la ingestión de la materia seca al incrementar la PC dietética (13.2 a 15.2 %), en dietas altas en pulpa de cítricos pero no en dietas altas en almidón. Cyriac *et al.* (2008) reportaron aumentos en la ingestión de la material seca cuando el contenido de PC en la dieta se incrementó 13.6 a 15.2 %; niveles de 16.8 % PC no favoreció la ingestión de la materia seca.

En vacas lecheras alimentadas con diferentes niveles de proteína no hubo efectos significativos sobre los cambios de peso vivo o condición corporal. Estos resultados indican que dietas altas en proteína (arriba de 173 g PC/kg MS) mejoran la ingestión del alimento y el comportamiento del animal al inicio de la lactancia y posteriormente la concentración de proteína puede reducirse a 144 g PC/kg MS sin detrimento en el comportamiento del animal (Law *et al.*, 2009).

Cambios de Peso en Vacas Lecheras en Producción

En vaquillas lecheras alimentadas con proporciones de concentrado-forraje de 60:40, 75:25 y 90:10, cuya ingestión de materia seca fue similar (aprox. 13.5 kg/d), los cambios de peso durante la lactancia fue de -0.11, -0.11 y +0.18 kg /d, respectivamente (Bines *et al.*, 1977). De acuerdo a los patrones de cambio de peso en las vacas al principio de la lactación, se ha sugerido pérdidas de 35 kg durante los primeros 70 días de lactancia (MAFF, 1975). En relación a la condición corporal de la vaca lechera, los cambios típicos son de 0.5 a 1.0 unidades de condición corporal, durante los primeros 60 días posparto en vacas con un peso de 650 kg al parto (Edmonson *et al.*, 1989).

Tessmann *et al.* (1991), en vacas lecheras divididas en inicio (semana 1 a 12, mitad (semana 13 a 26), y periodo final de la lactancia (semana 27 a 44). No observaron diferencias en la ganancia de peso en vacas múltiparas cuando fueron tomadas como las diferencias entre el peso corporal a las 44 semanas y el promedio de peso para la 2 y 3 semana. Se presentó una menor tendencia en la ganancia de peso con dietas altas en forraje. Es común observar una reducción en la ganancia de peso con altas proporciones de forraje-concentrado en la dieta (Bloom *et al.*, 1957)

En vacas Frisón Negro, con una lactancia promedio de 56.4 ± 4.7 , 4.1 ± 0.1 partos, producción láctea de 30.7 ± 0.7 litros, una condición corporal de 2.3 ± 0.1 y un peso vivo de 538 ± 13 kilos durante un período de 63 días. Los grupos se asignaron a cuatro dietas: SP, sólo pastoreo; PSC3, pastoreo más suplementación con 3 kg/día de concentrado; PSC6, pastoreo más suplementación con 6 kg/día de concentrado y PSC9, pastoreo más suplementación con 9 kg/día de concentrado. No se observaron diferencias significativas en el peso vivo, ganancia de peso y promedio de condición corporal de las vacas. Los cambios de peso fueron de 0.46 a 0.850 kg/d (Pulido *et al.*, 2009).

Ruegg *et al.* (1992) determinaron que las vacas de mayor condición corporal al parto perdieron más peso corporal en la lactancia que las de menor condición corporal. La condición corporal disminuye al inicio de la lactación con un aumento de la mitad al final. En vacas de primera y segunda lactancia ocurre a los dos meses y en vacas de tercera y cuarta lactancia, ocurre a los cuatro meses después del parto; también se muestra que la condición corporal está influenciada por el número de lactancias. Las vacas de primera lactancia perdieron 0.3 unidades y vacas con cuatro o más lactancias perdieron 0.9 unidades (Waltner *et al.*, 1993). Las reservas corporales disminuyen al inicio de la lactancia, antes de los 100 días, con un incremento a mediados y final de la lactancia, cuando la alimentación es adecuada (Gallo *et al.*, 1996) Estos mismos autores establecen que la pérdida de la condición corporal fue mayor y más prolongada en vacas con mayor potencial lechero, en tanto que la condición mínima fue alcanzado al tercer y cuarto mes postparto, en vacas de potencial lechero menor y mayor respectivamente.

Periodo de Lactación

Durante la lactación se presentan diferentes factores como son: en la ingestión de la materia seca, cambios en el peso corporal y producción de leche. Por lo general, después del parto la producción de leche, se incrementa rápidamente, llegando al pico de producción entre los 35 y 50 días de lactación; más tarde, se presenta una declinación constante a la tasa de 2 % por semana hasta el secado de la vaca. En contraste el consumo voluntario de la vaca, se desarrolla más lentamente después del parto, y el máximo de consumo se alcanza hasta varias semanas después del pico de producción de leche (Bines *et al.*, 1977; Broster *et al.*, 1969). Al inicio de la lactación se requiere de altos consumos de energía, independientemente del consumo de materia seca, los animales mantienen la producción de leche mediante sus reservas corporales lo conlleva una pérdida importante del peso (Broster *et al.*, 1969). Con el avance de la lactación, la ingestión del alimento continúa incrementando y la partición de los nutrientes entre la leche y el tejido corporal se mueve hacia este último. El efecto de todos los cambios durante el ciclo de producción, es que la vaca gana en peso y por lo tanto en condición corporal durante mitad y final de la lactación (Broster *et al.*, 1969).

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo se realizó en la unidad de Bovino Lechero de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP., ubicada en el ejido Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez S.L.P., cuyas coordenadas geográficas son 22° 14' 03" Latitud Norte, y 100° 53' 11" de Longitud Oeste con respecto al Meridiano de Greenwich, con altura de 1820 m.s.n.m., encontrándose en la zona un clima seco estepario frío Bs Kw (wi) según clasificación de Köpen, modificado por García (1973). La temperatura media anual es de 16.2°C y una mínima de 7.5°C, la precipitación pluvial media anual es de 335 mm, con un tipo de vegetación de matorral desértico micrófilo, predominando en la región los arbustos; las especies más abundantes son el Mezquite (*Prosopis juliflora*), Huizache (*Acacia farnesiana*), Nopal (*Opuntia spp*) y el Maguey (*Agave atrovirens*) (Rzedowski, 2006).

Duración del Experimento

El trabajo de campo tuvo una duración de 56 días con 7 días de adaptación antes de cada periodo y 7 días de prueba en cada uno de los tratamientos.

Animales

Se utilizaron 4 vacas de la raza Holstein con más de dos partos, con un peso promedio de 570 ± 17 kg y con 76 ± 6 días de lactancia

Raciones

Se utilizaron tres concentrados con diferentes niveles de proteína (12, 14 y 16 %), además de un concentrado comercial (16 % P.C.) Cuadro 1.

El suministro de los concentrados y del forraje (alfalfa) se realizó de acuerdo a los requerimientos de materia seca de las vacas (NRC. 2001).

Cuadro 1. Suministro de concentrados con diferentes niveles de proteína a vacas Holstein en lactación.

Ingredientes	Nivel de proteína (% MS)			
	12	14	16	16 (testigo)
Alfalfa achicalada	7.0	7.0	7.0	
Rastrojo de maíz	5.0	5.0	5.0	
Sorgo (grano molido)	55.0	55.0	54.0	
Pollinaza	13.0	13.0	12.0	
H. carne	5.0	5.0	6.0	
Pasta de soya	0.0	2.0	7.0	
Melaza	12.0	10.0	6.0	
Sal	1.0	1.0	1.0	
Minerales trazas	1.0	1.0	1.0	
Fertifoscal	1.0	1.0	1.0	
\$/kg ración	3.64	3.76	4.13	5.15

Se realizó un análisis de fracciones de fibra de cada concentrado, incluyendo la digestibilidad In Vitro de la materia seca (DIVMS) de acuerdo a los procedimientos del A.O.A.C. (1997) (Cuadro 2.)

El valor de las fracciones de fibra detergente neutro (FDN, 41.6 %) y fibra detergente ácido (FDA, 32.8 %) del forraje (alfalfa) suministrado en este trabajo se tomó de las tablas del NRC (2001).

Manejo de las Vacas

Previo al inicio del trabajo, se analizaron muestras de leche para determinar su contenido de grasas a fin de utilizar el dato para calcular el consumo de materia seca de acuerdo a leche corregida al 4 % de grasa.

Cuadro 2. Análisis de fracciones de fibra de los concentrados con diferentes niveles de proteína suministrados a vacas Holstein en lactación.

Niveles de proteína (%)	M.S.	FDN	FDA	Lignina	Celulosa	Hemicelulosa	DIVMS
Testigo	97.49	28.97	7.49	1.20	6.29	21.48	85.16
16							
12	97.30	36.84	5.04	1.49	3.55	31.80	88.54
14	97.26	38.13	7.29	1.46	5.83	30.84	87.87
16	97.50	30.59	8.39	1.78	6.61	22.20	86.01

Las vacas se pesaron al inicio y al final del periodo de prueba; durante los 7 días de dicho periodo se suministró el concentrado dos veces al día, durante o poco después de cada uno de los ordeños, y los forrajes de acuerdo al siguiente esquema de distribución: alfalfa verde después del ordeño de la mañana y la alfalfa achicalada después del ordeño de mediodía. Se llevó un registro diario de los consumos y residuos de cada una de los concentrados así como de los forrajes.

También se realizó un registro de la producción láctea tanto en la mañana como en la tarde durante los 7 días de prueba. Durante los días impares del mismo periodo se tomaron muestras de leche por la mañana y la tarde, a fin de analizarlas para grasa (A. O. A. C. 1997).

Parámetros a Medir

Consumos de FDN (kg/d)

Consumos de FAD (kg/d)

Peso inicial (kg)

Peso final (kg)

Cambios de peso (kg)

Prueba Estadística

Los datos de consumos de fracciones de fibra tanto del forraje como de concentrado, así como los pesos de las vacas se analizaron a través de un diseño de cuadro latino 4x4 de acuerdo a Snedecor y Cochran (1982).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumos de Fracciones de Fibra

En el cuadro 3 se muestran los consumos de de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) tanto del forraje como de concentrado en forma unitaria y en conjunto de vacas Holstein alimentadas con diferentes niveles de proteína.

Cuadro 3. Medias (\pm DE) de consumo (kg) de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de vacas Holstein alimentadas con concentrados de diferentes niveles de proteína (%) y forraje.

Fracciones de Fibra	Testigo (16)	Concentrado 12	Concentrado 14	Concentrado 16
FDN forraje	6.82 \pm 0.22a	6.40 \pm 0.53a	7.42 \pm 0.70a	7.36 \pm 0.85a
FDN concentrado	4.75 \pm 0.16a	5.67 \pm 0.47b	6.80 \pm 0.64c	5.41 \pm 0.62b
FDN forraje-concentrado	11.56 \pm 0.38a	12.08 \pm 0.44b	14.23 \pm 0.52c	12.78 \pm 0.54b
FDA forraje	5.37 \pm 0.18a	5.05 \pm 0.41a	5.85 \pm 0.55a	5.80 \pm 0.67a
FDA concentrado	1.23 \pm 0.04a	0.78 \pm 0.06b	1.30 \pm 0.12ac	1.48 \pm 0.17c
FDA forraje-concentrado	6.60 \pm 0.36a	5.83 \pm 0.42b	7.15 \pm 0.50a	7.29 \pm 0.36a

Literales diferentes en renglones son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$)

Las medias de consumos de la fibra detergente neutro (FDN) del forraje no fue diferente significativamente ($p > 0.05$). Cuantitativamente se observó un mayor consumo total de fibra detergente neutro (FDN) en las vacas alimentadas con 14 y 16 % de proteína cruda en el concentrado. El consumo de fibra detergente neutro (FDN), a partir del concentrado fue diferente estadísticamente ($p < 0.05$); el consumo de fibra detergente neutro (FDN), fue mayor con el concentrado de 14 % PC, y menor con el concentrado testigo (16 % PC), siendo similares los consumos con los concentrados de 12 y 16 % PC. Se presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en los consumos de la fibra detergente neutro total (FDN) (forraje + concentrado); el consumo de la fibra detergente neutro total (FDN) (forraje + concentrado) fue mayor en el concentrado con 14 % PC, la diferencia está indicada por un mayor consumo de fibra detergente neutro (FDN) a partir del concentrado en el mismo nivel de PC. Mientras que las vacas alimentadas con

concentrado testigo (16 % PC), tuvieron los menores consumos de fibra detergente neutro total (FDN), debido a un menor consumo de fibra detergente neutro (FDN) a partir del concentrado; por otro lado, similares consumos totales de fibra detergente neutro (FDN) tuvieron las vacas alimentadas con el contenido de 12 y 16 % PC ($P>0.05$). Aún cuando numéricamente se observó un mayor consumo de fibra detergente neutro (FDN) a partir del forraje para las vacas con concentrado de 16 % PC.

Las medias de consumos de la fibra detergente ácido (FDA) del forraje no fue diferente significativamente ($p>0.05$). Cuantitativamente se observó un mayor consumo total de fibra detergente ácido (FDA) en las vacas alimentadas con 14 y 16 % de proteína cruda en el concentrado. El consumo de fibra detergente ácido (FDA), a partir del concentrado fue diferente estadísticamente ($p<0.05$); el consumo de fibra detergente ácido (FDA), fue mayor con el concentrado de 16 y 14 % PC, y menor con el concentrado de 12 % PC, siendo similares los consumos con los concentrados de 12 % y testigo (16 % PC). Se presentaron diferencias estadísticas ($p<0.05$) en los consumos de la fibra detergente ácido total (FDA) (forraje + concentrado), entre el concentrado de 12 % PC y los concentrados con 14, 16 % y testigo (16 % PC) ($p>0.05$). Las vacas alimentadas con concentrado con 12 % PC, tuvieron los menores consumos de fibra detergente ácido total (FDA), fundamentalmente por un menor consumo de fibra detergente ácido (FDA) a partir del concentrado.

La ingestión de las vacas no solamente depende del contenido de la fibra detergente neutro (FDN) sino también de la producción de leche. La concentración óptima de fibra detergente neutro (FDN) en la dieta sirve como límite superior para la ingestión o porcentaje de forraje en la dieta para encontrar las necesidades de una producción determinada. En dietas alta en concentración de fibra detergente neutro (FDN), es difícil cubrir los requerimientos nutritivos para una producción dada, y las vacas reducen la cantidad de leche y la pérdida de peso corporal, en un intento de adecuarse a las condiciones de alimentación subóptima (Mertens, 1987).

Se ha sugerido que la máxima ingestión de fibra detergente neutro (FDN) en vacas a mita y final de la lactancia, sin reducción de su potencial de producción de leche es de 1.2 % de su peso vivo/d (Mertens, 1992).

Tessmann *et al.* (1991), en vacas lecheras divididas en inicio (semana 1 a 12, mitad (semana 13 a 26), y periodo final de la lactancia (semana 27 a 44), observaron un decremento de la ingestión de la materia seca.

En las dietas para ganado lechero se recomiendan niveles de 25 a 30% NDF y de 19 a 21% ADF para mantener una óptima capacidad buffer del medio ruminal (NRC, 1989). Se ha sugerido que vacas con un peso aproximado de 600 kg consumen una cantidad máxima de NDF cercana al 1.2% del peso corporal. Cuando el NDF procede solamente del forraje, el límite para el llenado ruminal, se ubica entre el 0.75 y el 1.1% del peso corporal (García y Kalscheur, 2006). Los forrajes con alto contenido de fibra reducen la ingestión de material seco; una vaca puede consumir el 3% de su peso vivo un heno de excelente calidad; del 1.8 a 2.2 % del peso vivo de heno de calidad promedio y el 1.5% de un heno de baja calidad (Wheeler, 1993).

Al parecer el efecto de la proteína sobre el consumo de la materia depende no solamente del nivel de proteína cruda en la ración, sino también del tipo de proteína y del ingrediente energético incluido en la ración, razón por la cual los resultados respecto al efecto del nivel de proteína cruda en la ración son contradictorios. Davidson *et al.* (2003) no encontraron efecto del contenido de PC (entre 16.5 y 19.4 % PC) sobre de ingestión de la materia seca, la cual promedio de 22.9 a 24.1 kg d⁻¹. La inclusión de harina de soya en el aumento del nivel de proteína ha incidido positivamente en el consumo de la materia seca (raciones de 15.1, 16.7 y 18.4 % PC; Broderick, 2003; y raciones de 16 vs 19 % PC; Reynal y Broderick, 2003). Se obtuvieron incrementos en la ingestión de la materia seca al incrementar la PC (13.2 a 15.2 %), en dietas altas en pulpa de cítricos pero no en dietas altas en almidón (Cabrita *et al.*, 2007). En estudios más recientes en vacas, incrementos de proteína cruda en la dieta desde 16.2-17.2 % hasta 20 % no incrementó la ingestión de la materia seca (Ipharraguerre y Clark, 2005; Reynal y Broderick, 2005; Groff y Wu, 2005; Olmos y Broderick., 2006a; Olmos y Broderickl., 2006b). Aumentos en la ingestión de la materia seca se han obtenido al incrementar el nivel de proteína cruda en la ración de 13.6 a 15.2 %, pero niveles más elevados (16.8 % PC) no favoreció la ingestión de la materia seca (Cyriac *et al.*, 2008).

Cambios de Peso

En el cuadro 4 se muestran medias (\pm DE) de peso inicial, peso final y cambios de peso (kg) de vacas Holstein alimentadas con concentrados de diferentes niveles de proteína (12, 14 y 16 %) durante la duración del trabajo.

Cuadro 4. Medias (\pm DE) de peso inicial, peso final y cambios de peso (kg) de vacas Holstein alimentadas con concentrados de diferentes niveles de proteína (%) y forraje.

Datos de pesos	Testigo (16)	Concentrado 12	Concentrado 14	Concentrado 16
Peso inicial	566.25 \pm 31.00	564.75 \pm 31.89	564.00 \pm 37.01	571.50 \pm 33.67
Peso final	563.00 \pm 33.64	561.25 \pm 37.38	568.25 \pm 27.40	565.25 \pm 36.86
Cambios de peso	-3.25	-3.5	4.25	-6.25

Se observó una mayor pérdida de peso (-6.25 kg) en las vacas alimentadas con el nivel del 16 % PC, indicando también que fueron las de mayor peso promedio al inicio del trabajo. Resalta el incremento de peso (4.25 kg) que se obtuvo en las vacas alimentadas con el nivel del 14 % PC. Las vacas que consumieron la ración testigo (16 % PC) y el nivel del 12 % PC presentaron pérdidas de peso similares durante el trabajo.

Los resultado de cambio de peso obtenido en este trabajo se avienen a los conseguido en otros trabajos en condiciones similares de criterios (Pulido *et al.*, 2009).

Con el avance de la lactación, la ingestión del alimento por la vaca continúa incrementando y la partición de los nutrientes entre la leche y el tejido corporal se mueve hacia este último, aumentando el peso corporal, principalmente durante mitad y final de la lactación (Broster *et al.*, 1969). En vaquillas lecheras alimentadas con una relación concentrado-forraje de 60:40, 75:25 y 90:10, los cambios de peso durante la lactancia fueron semejantes (-0.11, -0.11 y +0.18 kg /d, respectivamente) con una ingestión de materia seca similar (aprox. 13.5 kg/d) Bines *et al.* (1977). Vacas Frisón Negro con 56.4 \pm 4.7 días de lactancia y un peso vivo de 538 \pm 13 kilos manejadas en pastoreo y suplementadas con concentrado a diferentes cantidades (3, 6 y 9 kg/d) por un período de 63 días. No se observaron diferencias significativas en el peso vivo, ganancia de peso vivo y promedio de condición corporal de las vacas. Los cambios de peso

variaron de 0.46 a 0.850 kg/d. (Pulido *et al.*, 2009). En vacas lecheras alimentadas con diferentes niveles de proteína no hubo efectos significativos sobre los cambios de peso vivo o condición corporal. Estos resultados indican que dietas altas en proteína (arriba de 173 g PC/kg MS) mejoran la ingestión del alimento y el comportamiento del animal al inicio de la lactancia y posteriormente la concentración de proteína puede reducirse a 144 g PC/kg MS sin detrimento en el comportamiento del animal (Law *et al.*, 2009).

El pico de producción de leche ocurre entre la 5 a 7 semanas, pero el consumo de la material seca llega a su máximo hasta las 9 a 11 semanas. Las pérdidas de peso corporal ocurren durante las primeras 6 semanas, en seguida se presenta un periodo de estabilización de alrededor de 2 semanas y después de las cuales se presenta una ganancia de peso gradual (Satter y Roffler, 1977).

No observaron diferencias en la ganancia de peso en vacas multíparas en las diferentes de la lactancia. Se presentó una menor tendencia en la ganancia de peso con dietas altas en forraje (Tessmann *et al.*, 1991). Es común observar una reducción en la ganancia de peso con altas proporciones de forraje-concentrado en la dieta (Bloom *et al.*, 1957)

CONCLUSIONES

El consumo de la fibra detergente neutro (FDN) del forraje no fue afectado por los diferentes niveles de proteína del concentrado. El consumo de fibra detergente neutro (FDN) a partir del concentrado fue mayor con el concentrado de 14 % PC, y menor con el concentrado testigo (16 % PC), siendo similares los consumos con los concentrados de 12 y 16 % PC. El consumo de la fibra detergente neutro total (FDN) (forraje + concentrado) fue mayor con el concentrado de 14 % PC. El consumo de la fibra detergente ácido (FDA) del forraje no fue afectado por los diferentes niveles de proteína del concentrado. El consumo de fibra detergente ácido (FDA), a partir del concentrado fue mayor con el concentrado de 16 y 14 % PC, y menor con el concentrado de 12 % PC, siendo similares los consumos con los concentrados de 12 % y testigo (16 % PC). Los consumos de la fibra detergente ácido total (FDA) (forraje + concentrado), fueron similares con los concentrados de 14, 16 % y testigo (16 % PC) siendo menor el consumo con el concentrado de 12 % PC. En las vacas alimentadas con el nivel del 16 % PC, se obtuvo una mayor pérdida de peso (-6.25 kg). En las vacas alimentadas con el nivel del 14 % PC, incrementaron de peso (4.25 kg). Las vacas que consumieron la ración testigo (16 % PC) y el nivel del 12 % PC presentaron pérdidas de peso similares (-3.25 y -3.5 kg).

LITERATURA CITADA

- Allen M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation on feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1598-1624.
- Association of Official Analytic Chemists International. (A.O.A.C). 1997. *Official Methods of Analysis*. Washington, DC.
- Bequette B.J., M. D. Hanigan, H. Lapierre. 2003. Mammary uptake and metabolism of amino acids by lactating ruminants. In: *Amino Acids in Farm Animal Nutrition*. J. P. F. D'Mello, Ed. CABI Publishing, Wallingford, UK. p. 347.
- Bines J.A., D.J. Napper, V.W. Johnson. 1977. Long-term effects of level of intake and diet composition on the performance of lactating dairy cows. 2. Voluntary intake and ration digestibility in heifers. *Proc. Nutr. Soc.* 36:146 A.
- Bloom S., N.L. Lacobson, L.D. McGilliard, P.G. Homeyer, E.O. Heady. 1957. Effects of various hay-concentrate ratios on nutrient utilization and production responses of dairy cows. I. Relationship among feeding level, predicted producing ability, and milk production. *J. Dairy Sci.* 40:81.
- Broderick G.A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *J. Dairy Science.* 86:1370-1381.
- Broster W.H., V.J. Broster, T. Smith. 1969. Experiments of the nutrition of the dairy heifer. VIII. Effect on milk production of level of feeding at two stages of the lactation. *J. Agric. Sci. Cam.* 72:229-245.
- Cabrita A.R.J., R.J. Bessa B, P. Alves P, R. Dewhurst J, A.J. Fonseca M. 2007. Effects of dietary protein and starch on intake, milk production, and milk fatty acid profiles of dairy cows fed corn silage-based diets. *J. Dairy Science.* 90:1429-1439.
- Clark P.W., L.E. Armentano. 1993. Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grains compared with alfalfa haylage. *J. Dairy Sci.* 76:2644-2650.
- Coppock C.E., C.H. Noller, S.A. Wofe, C.J. Callahan, J.S. Baker. 1972. Effect of forage:concentrate ratio in complete feed fed ad libitum on feed intake prepartum and the occurrence of abomasal displacement in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 55:783.
- Cyriac J., A.G. Rius, M.L. McGilliard, R.E. Pearson, B.J. Bequette, M.D. Hanigan. 2008. Lactation performance of mid-lactation dairy cows fed ruminally degradable protein at concentrations lower than National Research Council recommendations. *J. Dairy Science.* 9:4704-4713.

- Dado R.G., M.S. Allen. 1995. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber of inert bulk. *J. Dairy Sci.* 78:118-133.
- Davidson S., B.A. Hopkins, D.E. Diaz, S.M. Bolt, C. Brownie, V. Fellner, L.W. Whitlow. 2003. Effects of amount and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 86:1681-1689.
- Donker J. 1989. Improved energy prediction equations for dairy cattle rations. *J. Dairy Sci.* 67:427-436.
- Edmonson A.J., I.J. Lean, L.D. Weaver, T. Farver, G. Gebster. 1989. A body condition score chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:68-78.
- Gallo L., P. Carnier, M. Cassandro. 1996. Change in body condition score of Holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield. *J. Dairy Sci.* 79:1009-1015.
- García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García A., K. Kalscheur. 2006. Tamaño de partícula y fibra efectiva en la dieta de las vacas lecheras. College of Agriculture and Biological Sciences / South Dakota State University / USDA. ExEx 4033S Dairy Science. Access at <http://agbiopubs.sdstate.edu/articles/ExEx4033S.pdf>
- Groff E.B., Z. Wu. 2005. Milk production and nitrogen excretion of dairy cows fed different amounts of protein and varying proportions of alfalfa and corn silage. *J. Dairy Sci.* 88:3619-3632.
- Holter I.B., W.E. Hylton, C.B. Smith, W.E. Urban, Ir. 1982. Reducing concentrate feeding for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 65:37.
- Holter I.B., C.K. Bozak, W.E. Hylton, D. Coates. 1984. Reduced concentrate for Holstein first calf heifers. *J. Dairy Sci.* 67:553.
- Ipharraguerre I.R., J.H. Clark. 2005. Varying protein and starch in the diet of dairy cows. II. Effects on performance and nitrogen utilization for milk production. *J. Dairy Sci.* 88:2556-2570.
- Law R.A., F.J. Young, D.C. Patterson, D.J. Kilpatrick, A.R.G. Wylie, C.S. Mayne. 2009. Effect of dietary protein content on animal production and blood metabolites of dairy cows during lactation. *J. Dairy Sci.* 92:1001-1012.

- MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food). 1975. *Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants*. Technical Bulletin 33. HMSO (Her Majesty's Stationery Office), London, UK
- M'Hamed D., P. Faverdin, R. Verité. 2001. Effects of the level and source of dietary protein on intake and milk yield in dairy cows. *Anim. Res.* 50:205-211.
- Mertens D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Animal Sci.* 64:1548-1558.
- Mertens D.R. 1992. Nonstructural and structural carbohydrates. In: Large dairy herd management. H.H. Van Horn y C.J. Wilcox (eds.). American Dairy Sci. Association. III. USA. p. 219-239.
- Mertens D.R., R.G. Dado. 1993. System of equations for fulfilling net energy and absorbed protein requirements for milk component production. *J. Dairy Sci.* 76:3464:3478.
- National Research Council (NRC). 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6 ed. Washington: National Academy Press, Washington, D.C., USA. 158 p.
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7ed. National Academy Press, Washington, D.C., USA. 408 p.
- Olmos C.J.J., G.A. Broderick. 2006a. Broderick effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:1704-1712.
- Olmos C.J.J., G.A. Broderick. 2006b. Effect of dietary crude protein concentration on ruminal nitrogen metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:1694-1703.
- Paquay R., J.M. Godeau, R. De Baere, A. Lousse. 1973. The effects of the protein content of the diet on the performance of lactating cows. *J. Dairy Res.* 40:93-103.
- Pulido R.G., A. Escobar, S. Follert, M. Leiva, P. Orellana, F. Wittwer, O. Balocchi. 2009. Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre la respuesta productiva en vacas lecheras a pastoreo primaveral con alta disponibilidad de pradera. *Arch. Med. Vet.* 41:197-204.
- Reynal S.M., G.A. Broderick. 2003. Effects of feeding dairy cows protein supplements of varying ruminal degradability. *J. Dairy Sci.* 86:835-843.

- Reynal S.M., G.A. Broderick. 2005. Effect of dietary level of rumen-degraded protein on production and nitrogen metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88:4045-4064.
- Ruegg L.P., J.W. Goodger, A.C. Holmerg. 1992. Relation among body condition score, serum urea nitrogen and cholesterol concentrations, and reproductive performance in high-producing Holstein dairy cows in early lactation. *AM Vet Res.* 53:10-14.
- Rzedowski J. 2006. *La Vegetacion de México*. 1ª edición digital, Comision Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Satter L.D., R. R. Roffler. 1977. Protein requirement and non protein nitrogen utilization. *Trop. Anim. Prod.* 3:238-259.
- Snedecor G.W., G.W. Cochran. 1982. *Métodos Estadísticos*. Compañía Editorial Continental, S.A., México.
- Tamminga S. 1992. Nutrition management of dairy-cows as a contribution to pollution-control. *J. Dairy Sci.* 75:345–357.
- Tessmann N.J., H.D. Radloff, J. Kleinmans, T.R. Dhiman, L.D. Satter. 1991. Milk Production Response to Dietary Forage:Grain Ratio. *J. Dairy Sc.* 74:2696-2707.
- Van Soest P.J. 1963. Use of the detergents in the análisis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Official Agr. Chem.* 46:829.
- Van Soest P.J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24:834.
- Van Soest P.J., D.R. Mertens. 1977. Analytical parameters as guides to forage quality. *Proc. Internat'l. Meet. On Anim. Prod. From Temperate Grassland, Dublin, Ireland.* p. 50-52.
- Waltner S.S., J.P. McNamara, J.K. Hillers. 1993. Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76:3410-3419.
- Wheeler B. 1993 *Guidelines for Feeding Dairy Cows*. Disponible en: http://www.fao.org/prods/gap/database/gap/files/1334_GUIDELINES_FOR_FEEDING_DAIRY_COWS.HTM. fecha de acceso 20 de junio de 2012.
- Woodford J.A., N.A. Jorgensen, G.P. Barrington. 1986. Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69:1035.