

EFECTO DE *Saccharomyces cerevisiae* EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE DE VACAS HOLSTEIN-FRIESIAN EN CONDICIONES DE ESTRÉS CALÓRICO. (Artículo en revisión)

Resumen

En la vaca lechera los productos de la digestión del alimento son transformados por una relación simbiótica compleja entre los microorganismos del rumen y los productos del metabolismo en leche y sus componentes. El objetivo fue estudiar el efecto de *Saccharomyces cerevisiae* (Sce) en el consumo de alimento (CMS), la digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS), los cambios de peso vivo (PV), la producción y la calidad de la leche durante el periodo de reto (16 d parto) y el inicio de la lactancia (105 días). En el estudio se utilizaron 30 vacas Holstein-Friesian (PV=807.31 ± 31.1kg; con más de dos lactancias); que fueron estratificadas por PV y aleatoriamente asignadas a uno de tres tratamientos: 1) dieta completa (DC; Maíz-Soya); 2) DC + 10.0 g de S_{Ce} (DC10); y 3) DC+ 20.0 g de S_{Ce} (DC20). Las vacas DC20 y DC10 presentaron CMS más altos ($p < 0.05$) que las que consumen únicamente DC (17.5 y 17.4 vs. 16.6 kg) durante el periodo de estudio; mientras que la DIVMS ($p > 0.05$) fue similar entre tratamientos (62.7, 66.2, y 64.7%, para DC, DC10 y DC20, respectivamente). Paralelamente, la PL (36.9, 37.6 y 38.7 kg vaca-1 d-1 para DC, DC10 y DC20), grasa, proteína lactosa y sólidos totales fueron similares ($p > 0.05$) entre tratamientos. En contraste, las vacas DC10 presentaron mayor concentración de urea en leche (11.96) en comparación con DC20 y DC (8.14 y 7.53 mg dL-1). En conclusión, la adición de S_{Ce} a la dieta mejora el consumo de alimento, la utilización del N, sin efectos negativos en la producción y la calidad de la leche al inicio de la lactancia.

Palabras Clave: *Saccharomyces cerevisiae*, Producción de leche, Componentes de la leche.

Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Ismael Ponce Candelario.

Director de tesis: Ph. D. Rufino López Ordaz.

Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on yield and quality of milk of Holstein-Friesian cows under heat stress

Abstract

In dairy cows the digestion of feed is performed by a complex symbiotic relationship of rumen microbiota and metabolism of products into milk and milk components. The objective was to study the effect of *Saccharomyces cerevisiae* (SCe) on dry matter intake (DMI), *in vitro* digestibility of DM (IVDMD), milk yield (MY) and milk quality at early lactation of Holstein-Friesian cows. Thirty cows (BW = 807.8 ± 31.1 kg; with two or more lactations) were stratified by BW and randomly assigned to one of three treatments: 1) total mixed ration (corn- soybean, TMR); 2) TMR + 10 g SCe (TMR10), and 3) TMR + 20 g SCe (TMR20). Cows in TMR20 had higher DMI ($P < 0.05$) than those in TMR10 or TMR alone (17.5 and 17.4 vs. 16.6 kg vaca-1 d-1) throughout the study; whereas *in vitro* digestibility of DM was not affected ($P > 0.05$) by the addition of 20, 10 or 0 g of SCe (64.0, 66.2 and 62.7%, respectively). In parallel, MY (36.9, 37.6 and 38.7 kg cow-1 d-1 for 0, 10 or 20 g), and fat, protein, lactose and total solids of milk were similar for all cows. In contrast, cows fed TMR10 had higher milk urea concentration (11.96) than those in TMR20 and TMR (8.14 and 7.53 ng dL-1). In conclusion, the addition of *S. cerevisiae* to diets improves dry matter intake, milk nitrogen utilization of the cow without negative effects on milk yield and milk components at early lactation.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae*, Milk yield, Milk components.

Introducción

Aproximadamente la mitad de la producción de leche (PL) proviene del sistema especializado. A pesar de lo anterior, todavía hay rezagos en la utilización de los recursos productivos de forma que la PL es ineficiente. La explicación de la baja eficiencia tiene varias vertientes; posiblemente una de las principales es el desconocimiento del interface entre el alimento que consume el animal y su transformación en leche. La PL de bovinos en el 2009 fue 10 549 038 L (SIAP, 2010), siendo el sector especializado el que aporta 50.6 % de la producción de leche nacional (SAGARPA, 2010). El sector especializado de producción de leche utiliza la raza Holstein-Friesian por tener los mayores índices productivos en comparación a Jersey o Pardo Suizo. La raza Holstein-Friesian según la Asociación Holstein Americana (2010) la describe como animales grandes, estilizados, con producciones promedio de 10 541 kg de leche, 382 kg de grasa y 323 kg de proteína por lactancia de 305 d. Por tanto, el ser animales grandes y con demandas energéticas elevadas necesitan mayor consumo de nutrimentos de forma constante y acorde a su etapa fisiológica para impedir la merma en su producción de leche y detrimento en su comportamiento reproductivo.

En años recientes, se han hecho esfuerzos notables para incrementar los conocimientos de los componentes de las dietas y la relación con la síntesis de leche. Dichos esfuerzos incluyen: hormonas, antibióticos, enzimas, antioxidantes y otros compuestos como paliativos para incrementar la eficiencia por animal y de esa forma mejorar el volumen y la calidad de la leche obtenida. De dichos productos, la levadura *Saccharomyces cerevisiae* ha sido utilizada en bovinos Holstein-Friesian con éxito. Los beneficios estudiados incluyen el mejoramiento de la digestibilidad de las dietas (Yoon y Stern, 1996; Lila *et al.*, 2006; Marden *et al.*, 2008), el mantenimiento de las condiciones bioquímicas del rumen (Lesmeister *et al.*, 2004; Khanden *et al.*, 2007; Lila *et al.*, 2006) y la 37

habilidad para mejorar la absorción de vitaminas, minerales y ácidos grasos (Marden *et al.*, 2008; Desnoyers *et al.*, 2009). Sin embargo, persisten ciertas dudas con relación al consumo de dietas completas, la etapa de lactancia de la vaca y su repercusión en la producción y calidad de leche en condiciones de estrés calórico.

Con base en lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron evaluar los efectos de *Saccharomyces cerevisiae* en la digestibilidad y el consumo de alimento, la producción y la calidad de la leche de vacas Holstein-Friesian en condiciones de estrés calórico.

Materiales y Métodos

Localización

El estudio se realizó en el establo lechero "18 de Julio" propiedad de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en el municipio de Tlahualilo, Durango. El sitio se ubica entre las coordenadas 25° 54' 07" latitud norte y 103° 35' 09" longitud oeste. La altura sobre el nivel del mar es de 1,137 m, con clima desértico. La temperatura media anual es de 21.1 °C con una precipitación pluvial de 239.0 mm anuales, distribuidas principalmente en los meses de julio a septiembre (García, 1988).

Animales y tratamientos

Los animales utilizados fueron 30 vacas Holstein-Friesian con peso vivo inicial de $807 + 31.1$ kg y 14.5 ± 5.9 días antes del parto. Las vacas fueron aleatorizadas a uno de tres tratamientos: 1) dieta completa (Sorgo-Soya; DC); 2) DC+10.0 g de SCe (Bovi-8-Ways, Grupo Biotecap, Tepatitlán, Jalisco, México), y 3) DC+20 g de SCe. La levadura fue proporcionada durante la comida de las 16:00 h; la cual consistía en rociar y mezclar la levadura en la dieta de forma individual para cada vaca. La levadura se pesaba previamente mediante una balanza granataría triple brazo (Ohaus; México, DF).

Las vacas fueron asignadas en un modelo completamente al azar con tres tratamientos, 0, 10 y 20 g de *Saccharomyces cerevisiae* (Biotecap S.A. de C.V.; México, DF). Los animales utilizados fueron de 3.6 ± 1.4 lactancias, reportadas gestantes, saludables y con condición corporal de 3.3 ± 0.5 (escala de 1 a 5). Las vacas se alojaron en un corral exclusivo para la realización del estudio y tuvieron un periodo de reto de 14.5 ± 5.9 d, con una duración total del estudio de 19 semanas.

Los registros de peso vivo (PV) tanto inicial, parto, y catorcenal se midieron en una báscula Revuelta RGI (Revuelta; Coahuila, Méx.) de capacidad máxima de 2000 kg y unidad mínima de 0.5 kg. El PV inicial se registró al ingreso de la vaca al corral donde se alojaron durante el estudio; mientras que el PV catorcenal se registró cada 14 d durante el periodo experimental. Paralelamente se registró la condición corporal (CC) observada previo al peso del animal y utilizando la escala de 1-5 (Wildman *et al.*, 1981).

El periodo de reto (DR) se calculó restando la fecha de ingreso al experimento y fecha de parto; en tanto, número de lactancias (LAC) y edad de la vaca (EV) se obtuvieron a partir de la base de datos del rancho donde se realizó el estudio. La EV se calculó restando la fecha de inicio del experimento a la fecha de nacimiento y el LAC se contabilizó el número de partos por vaca.

La medición del consumo de alimento (CMS) se realizó individualmente separando las vacas dentro del comedero del mismo corral general en donde se alojó a todas las vacas. El registro del consumo fue en cinco horarios: 06:30, 09:30, 16:00, 20:00 y 23:30; los cuales se establecieron en función del comportamiento de las vacas estabuladas. En cada horario se sirvió una cantidad conocida de alimento. Al principio y durante el experimento la dieta completa se formuló diariamente en un carro mezclador Jay Lor modelo 425 (Jay Lor International; Ontario, CAN.) con sinfín mezclador vertical de 12.0 m³ de capacidad, la dieta fue la misma para las vacas y se almacenó en un espacio.

exclusivo formando una bahía por tratamiento. Las dietas utilizadas se formularon de acuerdo con los estándares del NRC (2001; Anexo 1) fueron analizadas en siete periodos durante toda la fase experimental, las mismas se formularon con base en alfalfa, ensilado de maíz, grano de maíz y pasta de soya con una relación 65:35 forraje:concentrado. Dichas dietas se formularon para un contenido de 1.8 Mcal de energía neta de lactancia y un contenido de 17% de proteína cruda.

La dieta ofrecida se pesó a cada vaca con una báscula Tor Rey CRS-HD (Tor Rey, Torreón Coahuila, México) colgante de capacidad máxima de 500.0 kg y unidad mínima de 0.1 kg.

Una vez transcurrido un tiempo aproximado de 2 h, la vaca se liberó de las trampas; posteriormente, las trampas se cerraban para evitar su re-ingreso al comedero. El alimento no consumido se colectaba y se pesaba diariamente para cada horario. El cálculo del consumo de alimento por día fue la resta del alimento rechazado menos el ofrecido para cada horario de alimentación y la suma de los consumos en los cinco horarios fue el consumo de alimento total por día. Una muestra del alimento ofrecido se colectó diariamente para estimar la materia seca de la dieta. La muestra se colectaba a las 06:00 h con el inicio de la elaboración de la dieta. Posteriormente, la colecta de muestras se almacenó en un congelador General Electric 4500 horizontal (General Electric; Fairfield, Connecticut) de 3 m³ de capacidad. La temperatura de almacenamiento fue de -4°C. Las muestras de alimento se descongelaron en periodos quincenales para posteriormente secarlas en una estufa de aire forzado Hafo serie 1600 (Shel lab, Cornelius, Oregon) a una temperatura de 55.0 a 60.0°C por 72 horas para determinar la materia seca de la muestra.

El consumo de materia seca se calculó al multiplicar la materia seca de la muestra por el consumo de alimento del día. Posteriormente, las muestras de alimento se molieron utilizando un molino Willey (A.H. Thomas; Philadelphia, PA) con una criba de 1.0 mm de diámetro. Los procedimientos utilizados se

en el manual de laboratorio de la Universidad Estatal de Nuevo México (Galyean y May, 1996). En intervalos semanales se tomaban tres muestras de dieta ofrecida y tres muestras de dieta rechazada; posteriormente, las muestras colectadas se congelaron y previas a los análisis se descongelaron, a las cuales se les determinó: 1) por análisis proximal: materia seca, humedad, nutrimentos digestibles totales (NDT); 2) proteína cruda, proteína dañada por calor, proteína disponible, proteína digestible se determinaron por Kjeldahl; 3) fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) se determinaron en un equipo Ankon; 4) energía neta de lactancia (ENI), energía neta para mantenimiento (ENm), energía neta para ganancia (ENg), para cuyo cálculo se utilizaron las siguientes ecuaciones: $ENL=1.044-(0.0119*ADF)$; $ENm = -0.508 + (1.37*B8) - (0.3042*ME*ME) + (0.051*ME*ME*ME)$; $ENg = -0.7484 + (1.42*ME) - (0.3836*ME*ME) + (0.0593*ME*ME*ME)$; $EM= 0.01642 *TND$ (NRC, 2001); 5) fósforo (P), calcio (Ca), potasio (K) y magnesio (Mg) se determinaron por espectrofotometría de rayo cercano a infrarrojo (NIRS); 6) extracto etéreo se determinó usando el método Soxhlet con hexano. Cenizas se determinó usando una mufla a 500 °C (AOAC, 1990).

Las vacas fueron ordeñadas 3 veces al día a las, 08:30, 16:00 y 01:00 h, en una sala de ordeña doble 18 paralelo (Westfalia surge, Bonen Alemania). La rutina de ordeño incluyó pre-sello, despunte, ordeño y sellado en forma constante durante los 105 días de ordeño.

La PL y la toma de muestra se realizaron una vez por semana en el horario de las 16:00 h. La producción de leche se midió con un lactómetro Waikato MK V (Waikato, NZ); La producción de leche fue la suma de las producciones de las tres ordeñas y representativa de la semana de lactancia. Las muestras de leche fueron tomadas en viales de 120.0 mL con la adición de una pastilla de Bromopol (BROMOPOL BSM2 D&F Control, San Ramón, CA) como conservador. La grasa (%), proteína (%), lactosa (%), sólidos totales (%), sólidos no grasos (%) y urea (mg dL⁻¹) de la leche se analizaron con un MilkoScan™ FT 120 (Multispec, Foss Food Technology Corp., Eden Prairie, MN); mientras que, el conteo de células somáticas se hizo con un Fossomatic 90 (Multispec, Foss Food Technology Corp., Eden Prairie, MN).

La producción de grasa y proteína de la leche se calculó multiplicado el porcentaje de grasa y el porcentaje de proteína en la muestra de leche por la producción de leche diaria. De forma similar, los gramos de leche por kg de peso vivo se calcularon dividiendo la producción de leche por día sobre el peso vivo del animal durante el período en cuestión. De la misma forma, el cálculo de la producción de leche por unidad de peso vivo metabólico fue dividiendo la producción de leche sobre el peso de la vaca elevado a 0.75 (Garret *et al.*, 1953). La eficiencia alimenticia se calculó dividiendo la producción de leche semanal sobre los kg de alimento consumido por semana.

El manejo reproductivo de las vacas en estudio consistió en observarlas a su primer celo (DC); transcurridos los 70 d de espera voluntaria, las vacas eran inseminadas en tanto presentaran celo. El uso de hormonas para estimular el celo de los animales fue omitido del estudio, para no incurrir en alteraciones alternas a los tratamientos.

Los procedimientos utilizados para la técnica *in vitro* consistieron en la medición de gas en tiempos definidos a intervalos de 1, 2, 4, 6 y 12 h, por un total de 72 h de medición. Con ese objetivo se utilizaron como recipientes frascos de 125 mL. A cada recipiente se le agregó 0.5 g de dieta única y se le adicionó 0, 10, 20, 30 y 40 g de S_{Ce} que fueron los tratamientos. Cada uno de los tratamientos buscó representar los tratamientos que fueron usados en la prueba *in vivo* con dos niveles más altos. La adición de los niveles más altos fue debido a la sospecha de que se tenía que, niveles superiores a los 20 g tenían efectos negativos en la digestibilidad. Además, cada frasco contenía 90.0 mL de inóculo ruminal diluido en soluciones minerales. El gas contenido en los frascos (kg cm⁻³) se midió con un manómetro en los tiempos establecidos, al término de la lectura de producción de gas en cada frasco, el gas se liberó para retornar la presión a cero. La producción de gas es obtenida en kg cm⁻³ y fue convertida a mL por g de sustrato por medio de la ecuación:

$$\text{Volumen de gas (mL g de sustrato}^{-1}\text{)} = \text{Presión de gas (kg cm}^{-3}\text{)} + 38.65$$

El volumen de gas fue la base para la estimación de volumen máximo de gas (V , mL g⁻¹ sustrato); fase de lag (L , h) y tasa de producción de gas (S , mL h⁻¹), por medio de la siguiente ecuación (Schofield *et al.*, 1994):

$$\text{Volumen de gas} = Vm/(1+\exp(2-4 * S (t-L)))$$

La digestibilidad *in vitro* se obtuvo después de la fermentación de 72 h, el contenido de los frascos se filtró con papel Whatman No. 4. El filtrado se secó a 100 °C por 24 h y posteriormente se registró el peso, la diferencia del peso original y el residuo fue la digestibilidad *in vitro* a las 72 h de fermentación.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados utilizando los procedimientos estadísticos de SAS (2001). El CMS se determinó diariamente para cada animal, mientras que el PV se registró semanalmente durante el periodo experimental. El PV inicial y el incremento en peso semanal fueron usados para estimar los cambios de PV. El CMS, los cambios de PV, condición corporal, PL, calidad de leche y eficiencia se analizaron utilizando el procedimiento MIXED de SAS en un diseño completamente al azar con medidas repetidas (SAS, 2002). El modelo incluyó el efecto de tratamiento, semana y la interacción semana x tratamiento con vaca anidada dentro de tratamiento como el término repetido. El mismo modelo se utilizó para analizar los contenidos de PC, FDN, FDA, NDT, Grasa, ENL, ENm, ENg y MS de los alimentos. Cuando hubo efecto de tratamiento, semana o la interacción tratamiento x semana ($p < 0.05$) las medias fueron separadas usando comparaciones ortogonales de las medias y de mínimos cuadrados con el enunciado PDIFF de SAS.

La estructura de covarianza más apropiada fue elegida usando los criterios de Akaike y los criterios bayesianos de Schwarz. La estructura de covarianza de simetría compuesta fue más apropiada para calidad de leche; mientras que, la estructura autorregresiva fue mejor para CMS y PV; por otra parte,

para producción de leche, eficiencia alimenticia y producción de grasa y proteína la estructura más apropiada fue simetría compuesta heterogénea.

Cuadro 11. Temperaturas máximas, mínima y media mensual registradas en el año 2009 en la estación meteorológica URUZA, Tlahualilo Dgo

Mes	Temperatura mínima	Temperatura media	Temperatura máxima
Enero	5.2	14.3	23.9
Febrero	6.0	16.8	27.4
Marzo	10.1	20.2	29.5
Abril	13.4	23.3	32.1
Mayo	17.9	26.1	34.1
Junio	19.5	27.4	35.3
Julio	19.9	27.8	35.3
Agosto	19.0	26.3	33.5
Septiembre	17.5	23.1	29.4
Octubre	14.1	21.1	28.8
Noviembre	6.5	14.9	24.1
Diciembre	3.0	11.6	20.6

Todos los datos fueron ajustados por las covariables ($p < 0.05$): peso vivo inicial (PVi), peso vivo de parto (PVp), días en reto (DR), pérdida de peso vivo durante el período de reto y días en leche, todas con sus respectivas representaciones cuadráticas. El reporte de los datos es como medias de cuadrados mínimos más menos su error estándar. La significancia se estableció cuando $p < 0.05$

Resultados y discusión

Las vacas utilizadas en el presente estudio fueron similares ($p>0.05$) en su tiempo de reto, número de lactancias, y edad de la vaca (Cuadro 12). Por tal motivo, las características de selección de los animales fueron las apropiadas para el desarrollo del presente estudio.

Cuadro 12. Medias^z de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de etapa de reto, número de lactancias y edad de vacas, que consumen dietas completas (DC) y complementadas con 10.0 (DC10) y 20.0 (DC20) g de *Saccharomyces cerevisiae* (SCe). *Item*

	Tratamientos					<i>pw</i>
	Dieta completa ^y	Dieta completa + 10.0 g de SCe ^x		Dieta completa + 20.0 g de SCe ^w		
Etapa de reto, d	16.0 \pm 2.0a	17.0 \pm 2.0a	2.0a	15.0 \pm 2.0a	0.44	
Lactancias, número	3.5 \pm 0.6a	3.6 \pm 0.6a	0.6a	3.8 \pm 0.5a	0.87	
Edad de las vacas, años	4.2 \pm 0.9a	4.8 \pm 0.9a	0.9a	5.3 \pm 0.8a	0.72	

^zMedias sin una letra en común, dentro de hileras, son diferentes ($p\leq 0.05$)

^zMedias sin una letra en común, dentro de hileras, son diferentes ($p\leq 0.05$)

^yForraje: concentrado, 60:40%

^x*Saccharomyces cerevisiae*

^wProbabilidad

Como se observa en el Cuadro 13, la evaluación de CMS se dividió en periodos: 1) alimentación de reto (aproximadamente 21 d antes del parto); 2) del parto a la semana 11 de lactancia; 3) de la 11 a la 15 posteriores al parto; y 4) fase completa (incluyó tiempo de reto y las 15 semanas de lactancia).

En el periodo de reto, el CMS fue similar ($p=0.26$) entre grupos de tratamientos. Los resultados del presente estudio concuerdan con los observados por Wohlt *et al.* (1998). La baja respuesta a la suplementación con SCe fue atribuida a la depresión del parto y posiblemente a las cantidades de SCe utilizadas. La depresión del CMS previo al parto se relaciona con el movimiento hormonal de preparación de la vaca para la expulsión del feto, y con los preparativos para el inicio de la síntesis de leche, mientras el nivel de 10.0 y 20.0 g de SCe incluidos en las dietas, posiblemente, fue un nivel moderado. Dicha hipótesis tiene sustento en el estudio de Dann *et al.* (2000); quienes complementaron la dieta con 60 g de SCe d-1 durante 20 d previos a parto. Los mismo autores observaron que la suplementación con SCe incrementó 27.0% el CMS en la semana previa a

parto. Además, se argumentó que la suplementación con S_{Ce} disminuyó la acidez ruminal y como consecuencia el estrés asociado con los tiempos de parto.

Por otro lado Bertics *et al.*, (1992) observaron que durante los 21 días antes del parto, el CMS disminuyó 28.0% como resultado de la movilización de reservas corporales; específicamente, aquellas reservas estacionadas en el hígado y su formación en triglicéridos, lo que ocasiona un bajo nivel de glucosa y una menor concentración de insulina en plasma.

Por el contrario, en el segundo periodo, las vacas que recibieron S_{Ce} tuvieron CMS superiores ($p=0.03$) a las del grupo sin S_{Ce} (18.9 y 18.8 vs 17.8 kg para DC20, DC10 y DC, respectivamente; Cuadro 13); lo anterior es debido a la acción de S_{Ce} en el rompimiento de los enlaces celulolíticos; dicha contribución reduce la densidad de la fibra, aumenta la digestibilidad de los ingredientes y mejora el consumo (Marden *et al.*, 2008; Yoon y Stern, 1996; Lila *et al.*, 2006).

Un efecto parecido fue observado en animales Jersey; Dann *et al.* (2000) observaron que la adición de 60.0 g d⁻¹ de S_{Ce} incrementó 15.0% el CMS hasta los 42 días en leche. Similarmente, Robinson y Garrett (1999) observaron una tendencia ($p=0.10$) a mejorar el CMS en 6.8% desde el parto hasta la semana ocho, como consecuencia de la adición de 60.0 g d⁻¹ de S_{Ce}.

Por otra parte Wohlt *et al.*, (1998) no observaron efecto alguno en el CMS cuando se suministraron 10.0 g d⁻¹ de S_{Ce} a la dieta de vacas Holstein-Friesian en las primeras semanas de lactancia. Por el contrario, los mismos autores observaron efectos en el CMS con la misma dosis de la semana 5 a la 11. Además, dichos efectos desaparecen con la dosis de 20.0 g d⁻¹ de S_{Ce}.

Paralelamente, las vacas mostraron CMS similares en el periodo de la semana 11 a la 15 de lactancia ($p=0.77$) entre tratamientos (Cuadro 13). La etapa de 11 a 15 semanas de lactancia de las vacas se ubicó en los meses de noviembre y diciembre, cuando la temperatura descendió 10 °C. Por lo anterior y con lo mencionado por Bruno *et al.* (2009), quienes observaron un nulo efecto de S_{Ce} en ausencia de estrés calórico, se puede inferir que, los efectos de S_{Ce} en las vacas complementadas dejan de ser importantes en

el ecosistema ruminal al carecer de estrés ambiental; por otra parte, la vaca ha recuperado el balance hormonal producto del parto, y en consiguiente, estos dos hechos mitigan el efecto de SCe y por tanto, deja de tener efecto en el CMS.

Los efectos de SCe en el CMS son contradictorios y variables en periodos prolongados de complementación. Por ejemplo Wohlt *et al.* (1998); Dann *et al.* (2000); Moallen *et al.* (2009) observaron un incremento en el CMS; mientras que, Robinson (1997), Soder y Holden (1999) y Longuski *et al.* (2009) observaron efectos contradictorios. Según Moallen *et al.* (2009) *Saccharomyces cerevisiae* tiene un efecto positivo en situaciones de estrés para la vaca lechera; mientras, Longuski *et al.* (2009) observaron que SCe tiene mejor desempeño en ambientes donde las dietas son ricas en carbohidratos solubles.

Como se hizo notar en las líneas anteriores, la adición de SCe a la dieta de vacas lecheras reduce el estrés, y no se sabe si como consecuencia o como un efecto directo incrementa el CMS alrededor del parto. Por esta razón, SCe, independientemente de la dosis utilizada y la duración del periodo de reto, no tiene un efecto claro sobre el CMS en la etapa previa al parto. Sin embargo, sí se observan efectos en la última semana de gestación, infiriendo que los efectos de SCe son utilizados para el metabolismo del feto (Cuadro 13).

Cuadro 13. Medias^z de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de materia seca (CMS) en tres etapas diferentes y fase completa de vacas que consumen dietas completas (DC) y complementadas con 10.0 (DC10) y 20.0 g (DC20) de *Saccharomyces cerevisiae* (SCe).

Semanas	Tratamientos			<i>pw</i>
	Dieta completa ^y	Dieta completa + 10.0 g de SCe ^x	Dieta completa + 20.0g de SCe ^x	
	-----CMS, kg-----			
-3 a 0	14.0 \pm 0.6 a	13.5 \pm 0.5a	12.8 \pm 0.6a	0.26
0 a 11	17.8 \pm 0.3a	18.8 \pm 0.3b	18.9 \pm 0.3b	0.03
11 a 15	22.2 \pm 0.5a	21.5 \pm 0.5a	21.2 \pm 0.5a	0.77
-3 a 15	16.6 \pm 0.5b	17.4 \pm 0.4a	17.5 \pm 0.5a	0.01

^zMedias sin una letra en común, dentro de hileras, son diferentes ($p \leq 0.05$)

^yForraje: concentrado, 60:40%

^x*Saccharomyces cerevisiae*

^wProbabilidad

En el Cuadro 14 se observa que el PV inicial y PV de parto y PV metabólico tanto inicial como de parto fueron similares ($p>0.05$) para todos los grupos de animales. En el mismo Cuadro se observa que las vacas del grupo DC y DC20 tuvieron vacas 53.0 kg más pesadas que el DC10. Dicha diferencia se conservó en el PV de parto.

En el presente estudio, el periodo de reto fue de aproximadamente 16 d; lo que concuerda con otros estudios publicados anteriormente. Por ejemplo, Robinson (1997) observaron que la adición de 50 g d⁻¹ de S_{Ce} en el periodo de reto de 14 d no influyó en el PV de parto. Dicha pérdida de efecto fue atribuido a una subalimentación energética; lo que posiblemente, provocó la movilización de reservas corporales para el mantenimiento del *conceptus*. En otros estudios donde se adicionaron 60.0 g de S_{Ce} durante 23 d previos al parto de vacas y vaquillas Holstein-Friesian, Robinson y Garrett (1999) observaron que la suplementación no mejora el estatus corporal del animal, debido a que el CMS no se incrementó. En apoyo a esto, Grummer (2006) observó que en vacas Holstein-Friesian en la etapa de 60 a 21 d a parto, la demanda de energía neta de lactancia incrementa 18.0%, y de 21 a 1 d en 8.0%. Como consecuencia, la energía neta consumida por una vaca en la última quincena de gestación es enviada a formación de *conceptus* (placenta, membranas, líquidos) y feto en lugar de reservas corporales. Las indicaciones de Robinson (1997) y Grummer (2006), y los resultados del presente estudio permiten inferir que el PV de los animales no mejora con la complementación de S_{Ce} en periodos de 15 d previos al parto. La falta de respuesta, puede explicarse debido a la partición de la energía para formación del *conceptus* y feto en vez de la acumulación de reservas corporales.

Las vacas de los grupos de tratamientos tuvieron crías con pesos al nacimientos similares ($p=0.62$) independientemente de los tratamientos (42.8 kg); sin embargo, se observa un ligero incremento gradual a medida que se complementa con S_{Ce}. Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los observados por Silva-del-Rio *et al.* (2009); quienes observaron que los pesos de las crías fueron similares a los del presente estudio. Los mismos autores observaron que el peso de las crías fue independiente no sólo al periodo de reto (tres u ocho semanas) sino también al nivel de energía de las dietas (1.3 ó 1.6 Mcal ENL). Por

tanto, el incremento de peso de los terneros a medida que se incrementa la dosis de SCe fue atribuible a SCe.

El PV promedio (Cuadro 14) fue diferente entre tratamientos ($p=0.01$); en el tratamiento DC20 se observó vacas con menor talla, 5 y 8 kg en comparación a DC10 y DC, respectivamente. Sin embargo, en el PV promedio metabólico no existió diferencia; por consiguiente, las vacas tuvieron un metabolismo basal similar, lo cual, puede ser atribuido directamente al efecto de SCe. En el mismo Cuadro se observa que el PV final fue diferente ($p<0.01$) entre tratamientos. No obstante, la diferencia que existió en PV inicial disminuyó entre DC y DC20 con respecto a DC10. Por lo tanto, DC10 y a diferencia de DC20 acumuló mayor masa corporal.

En cuanto a condición corporal (CC, Cuadro 14), el tratamiento DC fue 6% mejor ($p<0.05$) que los tratamientos DC10 y DC20; ésta diferencia indica que SCe tiene un efecto negativo en la condición corporal; sin embargo, los PV iniciales, si bien no fueron diferentes, presentan una diferencia de al menos 25 kg, hecho que marca la diferencia al registrar un mayor CMS y conseguir mayores GDP para el final del estudio. Cabe destacar, y con base en lo observado por Roche *et al.*, (2007) que las vacas con condiciones corporales en intervalos de 3.2 a 3.3 son óptimas para el confort de la vaca lechera; por tanto, SCe mantiene la condición corporal de la vaca sin comprometer sus reservas para posteriores ciclos reproductivos.

Cuadro 14. Medias^z de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de peso vivo (PV) y metabólico, condición corporal, ganancia diaria de peso (GDP) y peso de la cría de vacas Holstein-Friesian que consumen dietas completas (DC) y complementadas con 10.0 (DC10) y 20.0 (DC20) g de *Saccharomyces cerevisiae* (SCe).

Item	Tratamientos			pw
	Dieta completa ^y	Dieta completa + 10.0 g de SCe ^x	Dieta completa + 20.0 g de SCe ^w	
PV inicial, kg	827.7 \pm 36.5a	771.3 \pm 36.3a	824.6 \pm 31.1a	0.33
PV final, kg	721.8 \pm 18.9b	703.6 \pm 17.3a	708.5 \pm 17.9ab	0.01
PV de parto, kg	775.2 \pm 38.5a	709.2 \pm 38.2a	772.6 \pm 32.8a	0.33
PV de parto metabólico, kg	148.1 \pm 4.1a	138.8 \pm 4.1a	145.5 \pm 4.1a	0.27
PV promedio, kg	720.1 \pm 9.9a	717.2 \pm 10.1 ^a	712.7 \pm 9.4b	0.01
PV promedio metabólico, kg	137.6 \pm 1.7a	137.9 \pm 1.9a	137.6 \pm 1.7a	0.10
Condición corporal	3.5 \pm 0.04b	3.2 \pm 0.04 ^a	3.4 \pm 0.04a	0.01
GDP, kg	-0.41 \pm 0.2 ^a	-0.53 \pm 0.2 ^a	-0.43 \pm 0.2a	0.91

^zMedias sin una letra en común, dentro de hileras, son diferentes ($p \leq 0.05$)

^yForraje: concentrado, 60:40%

^x*Saccharomyces cerevisiae*

^wProbabilidad

De forma contraria a CC, GDP (Cuadro 14) no fue diferente ($p > 0.05$) para los tratamientos; sin embargo, las mayores pérdidas de peso se observan en el tratamiento DC10; basados en este hecho, las vacas con menor CC es reflejo de la GDP.

Como se observa en el Cuadro 15 la PL, PL por kg de PV y PL por kg de PV 0.75 fue similar ($p > 0.05$) entre grupos de tratamiento. Sin embargo, las vacas complementadas con SCe incrementaron la PL conforme el nivel de complementación. Similarmente, las producciones de proteína y grasa, además de eficiencia alimenticia no fueron diferentes ($p > 0.05$) entre tratamientos. Los resultados obtenidos del presente estudio concuerdan con los observados por Arambel y Kent (1990) y Kalmus *et al.* (2009).

Cuadro 15. Medias^z de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de leche, producción de grasa y proteína en vacas Holstein-Friesian complementadas con 10 (DC10) y 20 (DC20) g de *Saccharomyces cerevisiae* (SCe) en dietas completas (DC).

Item	Tratamientos			pw
	Dieta completa ^y	Dieta completa + 10.0g de SCe ^x	Dieta completa + 20.0 g de SCe ^x	
Leche, kg d ⁻¹	36.9 \pm 1.6a	37.6 \pm 1.6a	38.7 \pm 1.6a	0.54
Leche, g kg de PV ⁻¹ d ⁻¹	50.3 \pm 2.7a	57.6 \pm 2.7a	52.7 \pm 2.7a	0.17
Leche, kg 100 kg de PV ⁻¹ d ⁻¹	5.03 \pm 2.7a	5.7 \pm 2.7a	5.2 \pm 2.7a	0.17
Leche, kg kg de PV ^{-0.75} d ⁻¹	0.26 \pm 0.02a	0.28 \pm 0.02a	0.27 \pm 0.02a	0.34
Producción de proteína, kg d ⁻¹	1.06 \pm 0.04a	1.14 \pm 0.04a	1.12 \pm 0.04a	0.20
Producción de grasa, kg d ⁻¹	1.05 \pm 0.07a	0.92 \pm 0.07a	1.09 \pm 0.07a	0.16
Eficiencia, kg de leche kg de CMS ⁻¹	2.02 \pm 0.09a	2.01 \pm 0.09a	2.07 \pm 0.09a	0.98

^zMedias sin una letra en común, dentro de hileras, son diferentes ($p \leq 0.05$)

^yForraje: concentrado, 60:40%

^x*Saccharomyces cerevisiae*

^wProbabilidad

En contraste con a lo anterior, Hippen *et al.* (2010) observaron un incremento de 4.4% en la producción de proteína cuando suplementaron con 14 g d⁻¹ a vacas Holstein-Friesian. De la misma forma Bruno *et al.*, (2009) reportaron incremento de producción de proteína de 2.4%. Lo anterior, predispone a que SCe incrementa la producción más que los sólidos en leche; por lo tanto, las vacas suplementadas mejoran su producción, tanto de leche como de grasa y proteína, pero no su porcentaje de sólidos en leche (Kalmus *et al.*, 2009).

Cuadro 16. Medias^z de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de componentes de leche en vacas Holstein-Friesian complementadas con 10 (DC10) y 20 (DC20) g de *Saccharomyces cerevisiae* (SCe) en dietas completas (DC).

Componente	Dieta completay	Tratamientos		pw
		Dieta completa + 10.0 g de SCex	Dieta completa + 20.0 g de SCex	
Grasa, %	3.04 \pm 0.20a	2.94 \pm 0.21a	2.77 \pm 0.21a	0.698
Proteína, %	3.08 \pm 0.08a	3.02 \pm 0.08a	3.08 \pm 0.08a	0.534
Lactosa, %	4.89 \pm 0.05a	4.92 \pm 0.05a	4.85 \pm 0.05a	0.997
Sólidos totales, %	11.80 \pm 0.22a	11.39 \pm 0.26a	11.14 \pm 0.25a	0.112
Sólidos no grasos, %	8.91 \pm 0.10a	8.79 \pm 0.11a	8.70 \pm 0.11a	0.123
Urea, mg dL-1	7.53 \pm 0.88a	11.96 \pm 1.22b	8.14 \pm 0.97a	0.015
CCS, X 1000	157.56 \pm 220.77a	736.36 \pm 280.72a	246.95 \pm 263.54a	0.645

^zMedias sin una letra en común, dentro de hileras, son diferentes ($p \leq 0.05$)

^yForraje: concentrado, 60:40%

^x*Saccharomyces cerevisiae*

^wProbabilidad

En el Cuadro 16 se describe los componentes de la leche que fueron incluidos en el estudio. Como se puede observar en el mismo Cuadro, los contenidos de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, sólidos no grasos y conteo de células somáticas no fueron diferentes ($p > 0.05$) entre grupos de tratamientos; sin embargo, se puede observar que grasa en leche tiende a disminuir ($p = 0.698$) su porcentaje a la inclusión de SCe; lo anterior permite suponer que SCe presenta un efecto negativo en la síntesis de grasa en leche, explicado por un cambio en el patrón de fermentación ruminal, limitando la producción del ácido acético, precursor de grasa en leche, y en su lugar, mayor síntesis de ácido butírico, responsable de mayor síntesis de leche (Marden *et al.*, 2008). Por otra parte, urea en leche fue mayor ($p < 0.05$) para el tratamiento DC10; mientras que, los tratamientos DC20 y DC fueron similares. Este hecho indica una mayor movilización de nitrógeno a leche por efecto de SCe; sin embargo, la dosis de 20 g no presentó una magnitud similar a la de 10 g; esto puede sugerir errores de muestreo, sin embargo el comportamiento dispar entre DC10 y DC20 permite inferir que los comportamientos son propios de SCe.

En cuanto a comportamiento reproductivo (Cuadro 17), SCe complementada a la dieta de vacas Holstein-Friesian no presenta efecto ($p > 0.05$); lo anterior coincide con Bruno *et al.*, (2009). Estos autores observaron

que la adición de SCe en dosis de 30 g d-1 no tiene efectos en la reproducción; por tanto, SCe no mejora los días abiertos, y a su vez los días a primer servicio; de esta forma, las vacas que consumieron SCe no sufrieron cambios en la condición corporal, ni pérdida de peso, lo cual no modificó su comportamiento reproductivo.

Cuadro 17. Mediasz de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de días a primer celo y días a primer servicio en vacas Holstein-Friesian complementadas con 10 (DC10) y 20 (DC20) g de *Saccharomyces cerevisiae* (SCe) en dietas completas (DC).

Item	Tratamientos			pw
	Dieta completay	Dieta completa + 10.0 g de SCex	Dieta completa + 20.0 g de SCex	
Días a primer celo	35.88a \pm 6.49	43.88a \pm 6.49	47.44a \pm 6.49	0.448
Días a primer servicio	76.55a \pm 4.77	65.88a \pm 5.06	71.00a \pm 5.06	0.305

zMedias sin una letra en común, dentro de hileras, son diferentes ($p \leq 0.05$)

yForraje: concentrado, 60:40%

x*Saccharomyces cerevisiae*

wProbabilidad

En cuanto a cinética de fermentación de SCe (Cuadro 18) no hubo efecto de la dosis de la levadura; excepto, en la tasa de producción de gas (S, mL h⁻¹) a las 72 h de fermentación. Donde se observa que, la tasa de fermentación disminuye hasta la dosis de 20 g y vuelve a incrementar en la dosis de 30 y 40 g de SCe; por tanto, SCe detiene la tasa de fermentación de los microorganismos ruminales al incluirla en dosis bajas, sin afectar la digestibilidad de la fibra (Cuadro 18). En cuanto a producción de gas (V) no hubo diferencias ($p < 0.05$); sin embargo, se observa que existe un incremento a la inclusión de la levadura; por lo cual se puede atribuir que SCe disminuye la tasa de fermentación, sin afectar la fase de crecimiento de los microorganismos (L), la digestibilidad y la producción de gas; por tanto y en función al comportamiento *in vitro*, SCe tiene un efecto benéfico en los microorganismos ruminales al aumentar la eficiencia de fermentación ruminal. Lo anterior y en conjunto con el desempeño del animal en la prueba *in vivo* indica que, SCe mejora el desempeño ruminal con énfasis en la primera etapa de lactancia.

Cuadro 18. Mediasz de cinética de fermentación y digestibilidad *in vitro* de 5 dosis de *Saccharomyces cerevisiae*, mediante fermentación de 24 h.

	Dosis de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>					py
	0 g	10 g	20 g	30 g	40 g	
Digestibilidad ,%	52.7 a	66.2 a	64.5 a	65.6 a	67 a	0.542
V, mL g-1	366.9a	405.2 a	386.1 a	401.3 a	397.7 a	0.437
S, mL h-1	0.0429b	0.041ab	0.0408a	0.043b	0.045b	0.007
L, h	7.4 a	7.3 a	6.8 a	7.1 a	7.2 a	0.119

zMedias sin una letra en común, dentro de hileras, son diferentes ($p \leq 0.05$)
y Probabilidad

Chaucheyras *et al.* (2008) observaron que SCe mejora el ambiente ruminal, estabiliza el pH, incrementa las bacterias encargadas de degradar lactato y mejora la digestión de la pared celular. De igual forma, Lila *et al.* (2006) en pruebas de fermentación *in vitro* observaron que, SCe mejora ($p > 0.05$) la digestibilidad de la fibra a la inclusión de 10, 20, 40 y 60 mg L⁻¹, sin embargo, la producción de gas no presentó cambios ($p > 0.05$)

Conclusiones

La adición de pequeñas cantidades de *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta de las vacas mejora el consumo de alimento durante las primeras 11 semanas de lactancia.

La adición de levadura en la dieta no tiene efectos directos en el volumen de leche ni tampoco en la calidad de la misma, con un posible efecto negativo en el contenido graso y un incremento en el contenido de urea en leche.

La levadura de *Saccharomyces cerevisiae* mejora el confort ruminal mediante la reducción en la producción de la mezcla de gases, incluyendo metano y CO₂.

Implicaciones

Bajo las condiciones de este estudio, el uso de SCe en vacas lecheras mejora el consumo de materia seca al momento del parto y hasta las once semanas de lactancia; sin embargo, puede afectar negativamente la grasa en leche. De esta forma, la levadura tiene efectos benéficos sin afectar la salud de la vaca, cuando se suministró hasta 20 g por día a la dieta de las vacas lecheras.

Literatura citada AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. 15th Ed.. Association of Analytical Chemists. Arlington, VA. 650 p.

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. *Journal of Dairy Science* 73: 1560-1563.

Bertics J. S., R. R. Grummer, C. Cadorniga-Valino, and E. Stoddard E. 1992. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *Journal of Dairy Science* 75: 1914-1922.

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. *Animal Feed Science and Technology* 150: 175-186.

Chaucheyras-Durand F., N. D. Walker, and A. Bach. 2008. Effects of active dry yeast on the rumen microbial ecosystem: past, present and future. *Animal Feed Science and Technology* 145:5-26.

Dann M. H., J. K. Drackley, G. C. Mc Coy, 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. *Journal of Dairy Science* 83: 123-127.

Desnoyers M., S. Giger-Reverdin, G. Bertin, C. Duvaux-Ponter, and D. Sauvant. 2009. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science* 92: 1620-1632.

Galyean M. L., and T. May. 1996. Laboratory procedures in animal nutrition research. 15th ed. New Mexico State University. Las Cruces. 189 p.

García, E. 1988. Modificaciones del Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. pp: 105-108.

Garret, W. N., J. H. Meyer, and G. P. Lofgreen. 1959. The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain. *Journal of Animal Science* 18: 528-547.

Grummer R. R. 1995. Impact of changes in organic metabolism on feeding the transition dairy cow. *Journal of Animal Science* 73: 2820-2833.

Grummer, R. R. 2006. Optimization of transition period energy status for improved health and reproduction. In memoria del XXIV World Buiatrics Congress. 15 al 25 de octubre. Nice, France. 12 p.

Hippen A. R., D. J. Schingoethe, K. F. Kalsheur, P. L. Linke, D. R. Rennich, M. M. Abdelqader, and I. Yoon. 2010. *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product in dairy cow diets containing dried distillers grains plus soluble. *Journal of Dairy Science* 93: 2661-2669.

Holstein Association USA. 2010. The Holstein Breed. www.Holsteinusa.com. Consultada el 16 de enero de 2011.

Kalmus, P., T. Orro, A. Waldman, R. Lindjärv, and Kalle Kask. 2009. Effect of yeast culture on milk production and metabolic and reproductive performance of early lactation dairy cows. *Acta Veterinaria Scandinavica* 51:1-7.

Khadem A. A., M. Pahlavan, A. Afzalzadeh, and M. Rezaein. 2007. Effects of live yeast *Saccharomyces cerevisiae* on fermentation parameters and microbial populations of rumen, total tract digestibility of diet nutrients and on the in situ degradability of alfalfa hay in Iranian chall sheep. *Pakistan Journal of Biological Science* 4: 590-597.

Lesmeister, K. E., A. J. Heinrichs, and M. T. Gabler. 2004. Effects of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. 2004. *Journal of Dairy Science* 87: 1832-1839.

Lila, Z. A., N. Mohammed, T. Tacahashi, M. Tabata, T. Yasui, M. Kurihara, S. Kanda, and H. Itabashi. 2006. Increase of ruminal fiber digestion by cellobiose and a twin strain of *Saccharomyces cerevisiae* live cells in vitro. *Animal Science Journal* 77: 407-413.

Longuski R. A., Y. Ying, and M. S. Allen. 2009. Yeast culture supplementation prevented milk fat depression by a short-term dietary challenge with fermentable starch. *Journal of Dairy Science* 92: 160-167.

- Marden, J. P., C. Julien, V. Monteils, E. Auclair, R. Moncoulon, and C. Bayourne. 2008. How does live yeast differ from sodium bicarbonate to stabilize ruminal pH in high yielding dairy calves. *Journal of Dairy Science* 91: 3528-3545.
- Moallen, 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. *Journal of Dairy Science* 92: 343-351.
- NRC (The National Research Council) 2001. *Nutrients Requirements of Dairy Cattle*. 7a ed. National Academy Press. Washington, D.C. 408 p.
- Piva G., S. Belladonna, G. Fusconi, and F. Sicbaldi. 1993. Effects of yeast on dairy cows performance, ruminal fermentation, blond components, and milk manufacturing properties. *Journal of Dairy Science* 76: 2717-2722.
- Robinson P. H. 1997. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on adaptation of cows to diets postpartum. *Journal of Dairy Science* 80: 1119-1125.
- Robinson P. H., and J. E. Garrett. 1999. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on adaptation of cows to postpartum diets and on lactational performance. *Journal of Animal Science* 77: 988-999.
- Roche, J. R., J. M. Lee, K. A. Macdonald, and D. P. Berry. 2007. Relationships among body condition score, body weight, and milk production variables in pasture-based dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90: 3802-3915.
- SAGARPA (Secretaría de agricultura, ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2010. Estadísticas de ganado bovino en estabulación en las tres regiones de México. www.SAGARPA.gob.mx. Consultada el 15 de enero de 2011.
- SAS. 2001. *SAS User's Guide*. SAS Institute Inc., Gary, NC. 622 p.
- Schofield, P., R. E. Pitt, and A. N. Pell. 1994. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. *Journal of Animal Science* 72: 2980-2991.
- SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2010. Estadísticas de Producción de leche de ganado bovino en sistemas especializados. www.Siap.gob.mx. Consultada el 15 de enero de 2011.
- Silva-del-Rio, N., P. M. Fricke, and R. R. Grumer. 2009. Effect of twin pregnancy and dry period feeding strategy on milk production, energy balance, and metabolic profiles in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88: 1048-1060.
- Soder, K. J., and L. A. Holden. 1999. Dry matter intake and milk yield and composition of cows fed yeast prepartum and postpartum. *Journal of Dairy Science* 82: 605-610.
- Wildman, E. E., G. M. Jones, P. E. Wagner, and R. L. Boman. 1982. A dairy cows body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science* 65:495-501.
- Wohlt E. J., T. T. Corcione, and P. K. Zajac. 1998. Effect of yeast on feed intake and performance of cows fed diets based on corn silage during early lactation. *Journal of Dairy Science* 81: 1345-1352.
- Yoon I. K., and M. D. Stern. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* cultures on ruminal fermentation in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 79: 411-417.

4 ANEXO

Anexo 1. Análisis bromatológico de las dietas utilizadas en la fase de campo.

Variable	Periodos						
	1	2	3	4	5	6	7
Dieta total mezclada							
Heno de alfalfa, %	2.4	2.2	2.1	2.4	2.2	2.2	3.2
Alfalfa verde, %	37.4	37.8	37.8	36.3	38.0	37.4	37.4
Concentrado, %	17.3	17.1	17.1	20.9	17.1	17.1	17.2
Maíz Rolado, %	14.6	14.4	14.3	14.5	14.7	14.6	14.4
Ensilado de maíz, %	26.0	25.8	26.3	26.0	25.7	26.4	25.6
Semilla de algodón, %	18.9	19.0	19.3	19.7	18.8	20.2	19.5
Salvado de trigo, %	0.9	0.9	0.9	0.0	0.9	0.9	0.8
Cascarilla de soya, %	20.6	20.3	20.9	20.1	20.6	21.0	20.6
Concentrado							
Pasta de soya, %	19.2	19.0	20.0	18.8	19.5	19.7	19.3
Melaza, %	12.0	13.0	13.0	12.0	13.0	13.0	13.0
Salvado de trigo, %	26.0	25.0	26.0	26.0	25.0	27.0	26.0
Vitaminas y minerales, %	0.4	0.4	0.4	0.4	0.0	0.0	0.4
Carbonato de calcio, %	2.6	2.9	0.1	2.6	2.7	0.0	1.2
Cascarilla de soya, %	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
% de forraje	65.7	65.9	66.2	64.7	65.8	65.9	66.1
% de concentrado	34.3	34.1	33.8	35.3	34.2	34.1	33.9
Composición química							
PC, %	14.9	15.0	15.5	17.9	17.6	17.8	16.6
FDA, %	16.2	15.6	15.2	15.4	16.8	16.0	15.5
FDN, %	32.9	32.6	32.7	28.7	31.8	30.9	32.8
TND, %	76.9	77.5	77.9	77.7	76.2	77.0	77.6
Grasa, %	3.5	3.4	4.1	4.2	4.2	4.2	4.4
Cenizas, %	6.2	6.4	7.2	9.7	7.1	7.2	7.8
ENL, Mcal	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8
ENm, Mcal	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9
ENg, Mcal	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
P, %	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Ca, %	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.4
k, %	1.1	1.1	1.1	1.4	1.5	1.4	1.3
Mg, %	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3