

Complementos con base en melaza-urea para vacas de doble propósito del trópico veracruzano

Pigmenio Castillo Gallegos*
Eliazar Ocaña Zavaleta*
Consuelo Mendoza Peralta*
Rosendo Gómez Sánchez*
Ivette Rubio Gutiérrez*
Fernando Livas Calderón*
Andrés Aluja Schunemann*

Abstract

The objective of this line of research was to determine what kind of molasses-urea based supplement is more appropriated for dual purpose cows raised in the humid tropics of the State of Veracruz in Mexico when this supplement was offered *ad libitum* during the milking period. The first experiment showed that milk yield decreased as the amount of molasses increased, and that this was a result of a decline in the diet digestibility caused by a high molasses intake rate. The second experiment indicated that molasses plus 3% of urea was as good as a "homemade" concentrate for milk yield per cow, but better for daily weight gain, and it was even cheaper. In the third experiment, the inclusion of bloodmeal into the molasses-urea mixture significantly improved the milk yield per cow, and was more economical. In this last experiment, daily weight gain and body condition scores were also improved. It is concluded that the best way to increase milk yield in dual-purpose cows is obtained by providing a mixture of molasses, urea and bloodmeal.

KEY WORDS: Sugarcane Molasses, Urea, Bloodmeal, Cattle Dual-Purpose, Humid Tropics.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar qué tipo de suplementos con base en melaza y urea es el más apropiado para vacas de doble-propósito, cuando los suplementos se dan *ad libitum* durante el tiempo de ordeno, en el trópico húmedo del estado de Veracruz. En el primer experimento, la producción diaria de leche disminuyó al aumentar el nivel de melaza ofrecido, lo cual resultó de una disminución en la digestibilidad de la dieta causado por el alto consumo de melaza en tiempos cortos. En el segundo experimento se observó que, para producir leche y mejorar la ganancia de peso, la melaza-urea al 3% resultó más económica que un concentrado "casero". El tercer estudio indicó que la inclusión de harina de sangre en la mezcla melaza-urea mejoró significativamente la producción de leche por vaca, así como la condición corporal y la ganancia de peso de los animales. Se concluye que la mejor forma de aumentar la producción diaria de leche de las vacas de doble propósito es mediante la complementación con una mezcla de melaza, urea y harina de sangre.

PALABRAS CLAVE: Melaza de caña, Urea, Harina de Sangre, Ganado Doble Propósito, Trópico Humedo.

Recibido el 7 de mayo de 1998 y aceptado el 13 de noviembre de 1998.

Este trabajo forma parte de la tesis de maestría del tercer autor y de la tesis de licenciatura del cuarto autor.

*Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 136, Martínez de la Torre, Veracruz, 93600, Facsimil: (939) 4-39-49. E-mail: clarin@karlinka.net.mx

Introducción

En el trópico los forrajes son la fuente principal de energía para los animales productores de leche. Sin embargo, la administración inadecuada de la pastura produce forraje de baja calidad, que apenas cubre los requerimientos para producción. En México, los sistemas de doble propósito (SDP) presentan bajas producciones por vaca (2-3 kg/día), así como lactancias cortas (160-180 días). El principal obstáculo para mejorar la productividad es la estacionalidad en la producción forrajera del pastizal, cuyos valores máximos ocurren de julio a diciembre. Por tanto, es necesario complementar al ganado, para cubrir la demanda de nutrientes y así regular la nutrición de la vaca a través del ciclo productivo. Para esto, deben usarse subproductos agroindustriales de origen local como la melaza de caña de azúcar, pulpa de cítricos deshidratada, pollinaza, plátanos de desecho y otros.¹ Los ganaderos saben que para mejorar la producción se requiere mejorar la nutrición del ganado. Empero, la tecnología disponible para complementación estratégica del ganado durante el periodo crítico es poco usada, quizá porque la alimentación representa hasta el 70% de los costos variables,² aun al usar complementos baratos.^{3,4}

Los complementos de melaza y melaza-urea han sido ampliamente probados en los trópicos⁵, en donde, tanto comercial como experimentalmente, han permitido incrementar la productividad de las vacas. La complementación con melaza-3% urea (MU3) recomendada por el Programa de Extensión del CEIEGT, es también la práctica común en este Centro, con la cual, la vaca consume 3.9 ± 1.0 kg MU3/día (2 ordeños) y produce 7 ± 2 kg leche/día.⁶

Los ganaderos no usan la MU3 por temor a perder animales por intoxicación. En el mismo Centro, se encontró que el contenido de proteína cruda (PC) de las hojas y tallos del estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*), of recido en una rotación de 10/30 días de pastoreo/recuperación, fue de $11.0 \pm 2.4\%$ ($n = 30$) y $3.6 \pm 0.8\%$ ($n=40$), respectivamente.* Entonces, puede no ser necesario mezclar urea a la melaza porque hay suficiente N soluble al rumen en el forraje, para un crecimiento adecuado de los microorganismos ruminantes. En lugar de incrementar el consumo de PC, hay que incrementar el consumo de energía mediante niveles mayores de melaza, para mejorar la producción láctea. En los últimos años, las asociaciones ganaderas locales del trópico veracruzano han estado produciendo concentrado "casero" (CON) con subproductos agrícolas locales relativamente baratos, con el fin de disminuir el costo de producción. Por lo tanto, era necesaria la comparación entre la MU3 y el CON, para decidir qué complemento era más recomendable. Otra alternativa para mejorar la producción láctea de los SDP es el uso de fuentes de proteína de sobrepaso (PSP) de alta calidad, de origen animal (harinas de sangre o de pescado) o vegetal (harinas de soya o algodón).

Si se pretende que los SDP se intensifiquen para aumentar la productividad de leche y carne en México, la administración de la nutrición debe contemplar primero la solución de la estacionalidad mediante complementos baratos, y enfocarla a alimentar inicialmente, a los microbios ruminantes y luego a dar nutrientes de sobrepaso que sean usados directamente por el animal.⁷

En este trabajo se presentan resultados de tres experimentos, cuyos objetivos fueron: *a*) evaluar el efecto producido al incrementar el nivel de melaza; *b*) comparar la MU3 con el CON; y *c*) evaluar la inclusión de harina de sangre (fuente de PSP) al complemento de melaza-urea.

Material y métodos

Generalidades

Los experimentos fueron realizados en la Unidad de Doble Propósito del CEIEGT ($20^{\circ} 04'$ latitud N, $97^{\circ} 03'$ longitud O y 105 msnm), localizada en el estado de Veracruz, México. El clima es cálido-húmedo con lluvias todo el año o Af(m), de acuerdo con la clasificación de Köppen.⁸ La temperatura media es de $23.7 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y la lluvia anual es en promedio 1991 ± 392 mm (1980-1994).

Se usaron 48 vacas de cruzas de Holstein x Cebú (Hx C); se asignaron 12 (nueve 1/2 Hx 1/2 C y tres 3/4 Hx 1/4 C), 20 (3/4 Hx 1/4 C) y 16 vacas (cuatro 1/2 Hx 1/2 C, ocho 3/4 Hx 1/4 C y cuatro 5/8 H x 3/8 C), para el primero, segundo y tercer experimentos, respectivamente. Las vacas se ordeñaron dos veces al día: a las 6:00 AM y a las 4:00 PM. Despues del ordeño, las crías mamaron libremente durante 1/2 hora, dos tetas no ordenadas (experimentos 1 y 2), o una teta no ordeñada (experimento 3), más la leche residual de las tetas ordeñadas. Los becerros se destetaron a los 120 días de edad. La producción de leche vendible (PLV, kg/vaca/día) se registró diariamente. Para estimar la cantidad de leche consumida por el becerro (CLB, kg/becerro/día), se pesó quincenalmente al animal antes y después de mamá. La producción total de leche (PLT, kg/vaca/día) fue la suma de la PLV y el CLB. El peso vivo (PV, kg/vaca) de las vacas se tomó después del ordeño matutino (vacas sin becerro) y después del periodo matutino de amamantamiento (vacas con becerro), con el fin de que el peso fuese lo más cercano posible al de la vaca dietada. En los experimentos 1 y 2, el PV se tomó al inicio del experimento, en cada cambio de periodo experimental y al final del experimento. La ganancia diaria promedio (GDP, kg/vaca/día) se calculó a partir de los registros de PV.

Los complementos se ofrecieron sólo durante el tiempo de ordeño. El consumo de complemento se obtuvo, para todo el grupo, mediante la diferencia entre la cantidad ofrecida y la que dejaron en el comedero, pero se expresa de manera individual (kg de materia seca [MS]/vaca/día). Las pasturas estaban compuestas principalmente de zacate estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*). La rotación (días de pastoreo/días de recuperación) y carga

*Castillo. GE, Comunicación personal.

animal (animales/ha) usadas para los tres experimentos fueron: 5-7/17-25 días y 2 vacas/ha, 2/32 días y 2 vacas/ha, y 1/35 días y 3.5 vacas/ha, respectivamente.

A cada experimento se le efectuó un análisis de costo beneficio, que se expresó en pesos mexicanos, con base en los precios de octubre de 1997. El costo de alimentación (COA) fue el producto obtenido del consumo de complemento por su precio/kg respectivo. El ingreso bruto (INB) se obtuvo del producto de la PLV por el precio/kg de leche. El beneficio neto (BEN =COA-INB) fue el criterio de eficiencia económica.⁹

El programa ANALIT,* generado para ganado productor de leche en el trópico, se 1150 para modelar el balance alimentario de cada tratamiento en cada experimento, para lo cual se consideró el PV, la GDP y la PLT.¹⁰

Experimento 1: Efecto del nivel de melaza

Este ensayo tuvo lugar durante la época crítica de bajo crecimiento forrajero, del 20 de mayo al 19 de julio de 1988 (63 días), y estuvo dividido en tres períodos experimentales de 21 días cada uno. Los primeros 14 días se consideraron como de adaptación a los tratamientos, y los últimos siete fueron el periodo de medición para PLV. El CLB no se midió. Durante el periodo de medición, diariamente se obtenían muestras del forraje consumido por los animales, con tres novillonas fistuladas al esófago; de heces, directamente del recto de cada vaca; y una muestra de melaza de 0.2 kg, directamente del comedero. Las muestras se refrigeraron hasta el final del periodo de medición, momento en que se mezclaron, y se tomó una alícuota (10% del total), la cual se mantuvo congelada hasta que se determinó su contenido de N mediante el procedimiento de Kjeldahl¹¹ y de cenizas insolubles en ácido (CIA), usadas como marcador interno para estimar la digestibilidad de la dieta¹². Los tratamientos consistieron en cuatro niveles de melaza (0, 2.4 y 6 kg/vaca/ día) administrada en partes iguales en cada ordeño.

El consumo de melaza (CDM, kg/vaca/día) se midió diariamente durante todo el periodo experimental. El diseño experimental fue un cuadrado latino incompleto 4 x 3 permutable, reversible, para cuatro tratamientos en tres repeticiones (bloques). Cada vaca representó una columna y los períodos fueron las hileras. Los bloques se basaron en la producción láctea de la lactancia previa. Las vacas se asignaron aleatoriamente a cada secuencia de tratamientos dentro de cada bloque. Los análisis de varianza para PLV, PV, CDM, así como CIAy N en heces (NIH), se efectuaron de acuerdo a Lucas.¹³

Experimento 2: Concentrado "casero" versus melaza-urea

El ensayo se realizó durante la época crítica de bajo

crecimiento forrajero, del 18 de febrero al 24 de mayo de 1993 (114 días), y se dividió en tres períodos experimentales de 38 días cada uno. Los primeros 31 días se consideraron de adaptación a los tratamientos, y los últimos siete, de medición para PLV y PTL. Los tratamientos fueron: T1, melaza-3% urea (MU3, 11.17 MJ/kg MS y 12.2% PC), y T2, concentrado "casero" (CON, 11.63 MJ/kg MS y 13% PC). Para obtener la MU3, se disolvieron 3 kg de urea en 71 de agua y luego se mezclaron con 90 kg de melaza. El CON fue una mezcla de 45% de pulpa de cítrico deshidratada, 19% de grano molido de sorgo, 35% de pollinaza y 1% de mezcla mineral. Había 5 y 6 becerros lactantes en los grupos de vacas que recibieron las secuencias de tratamientos: T1-T2-T1 y T2-T1-T2, respectivamente. La MS presente (MSP, kg MS/ha) en la pastura antes y después del pastoreo se estimó por medio del método del rendimiento comparativo.¹⁴ Los porcentajes de hoja, tallo y material muerto se estimaron separando manualmente una submuestra de forraje proveniente de los cuadrantes cortados en el doble muestreo. El consumo de forraje (COF, kg MS/vaca/día) se estimó por diferencia, considerando sólo la MSP de hojas y tallos, antes y después del pastoreo, y utilizando de 3 a 5 divisiones muestreadas por mes. El diseño experimental fue permutable y reversible para dos tratamientos, con un periodo extra para eliminar el efecto residual del tratamiento previo y considerar también la variación entre vacas en nivel productivo y estado de lactancia.¹³ Diez vacas fueron asignadas aleatoriamente a la secuencia de tratamientos T1, T2 y T1, para el primero, segundo y tercer períodos experimentales, respectivamente; las diez vacas restantes recibieron la secuencia T2, T1 y T2. Los análisis de varianza para PLV, PLT y GDP se efectuaron de acuerdo a Lucas.¹³ La diferencia en el consumo de MU3 y CON se probó con un modelo que incluyó los efectos del periodo, el tratamiento y la interacción, usando la variación entre días de medición como fuente de error. El COF no se analizó estadísticamente, pues los animales pastaron en un solo grupo.

Experimento 3: Inclusión de harina de sangre en la melaza-urea

Este experimento se inició el 15 de marzo y se terminó el 12 de julio de 1994 (120 días). Ocho vacas fueron asignadas aleatoriamente a cada uno de los siguientes tratamientos de complementación: TA, 3.4 kg/vaca/día de melaza-2% urea más 0.4 kg de harina de sangre, y TB, 3.95 kg/vaca/día de melaza-4% urea (MU4). Ambos complementos aportaron 0.455 kg PC/vaca/día, pero en el primero, 0.195 fue nitrógeno no proteínico (NNP) de la MU2 y 0.260 kg fue de la fuente de PSP; en tanto que en el segundo, toda la proteína fue NNP de la MU4. Los contenidos calculados de EM de TA y TB fueron 15.9 y 13.8 MJ/kg MS (3.8 y 3.3 Mcal/kg MS), respectivamente. Las pasturas fueron muestreadas periódicamente para determinar la MSP, así como analizar submuestras y conocer el contenido de PC y fibra cruda

*ANALIT es una marca registrada del Instituto de Ciencia Animal del Ministerio de Educación de la República de Cuba.

(FC). El PV se tomó al inicio del experimento y luego cada 30 días hasta el final del mismo. La condición corporal de las vacas (CC: 1=muy flaca a 5=muy gorda) se evaluó quincenalmente.¹⁵ Se tomaron cuatro muestras de leche: una al inicio, dos intermedias y una al final, para estimar densidad, pH, grasa y proteína. Las variables de respuesta: PLV, PLT, GDP y CC se analizaron con un modelo lineal que incluyó el efecto del tratamiento y una o más covariables: para PLV y PLT, la PLV en las tres semanas previas al inicio del experimento y el número de lactancia; para GDP, el PV inicial; y para CC, la CC inicial.

Resultados

Experimento 1

Tanto la PLV como el PV fueron afectados por el bloque, de manera significativa ($P<0.01$); sin embargo, no afectó estadísticamente ($P>0.05$) a las demás variables. El efecto de la vaca dentro del bloque fue también altamente significativo ($P<0.01$) sobre PLV y PV, y también afectó al NIH, pero de manera significativa ($P<0.05$). Todas las variables se vieron afectadas ($P<0.05$) por el periodo, pero la PLV resultó con un nivel más alto ($P<0.01$). La PLV, PV Y CIA no fueron afectadas por el tratamiento ($P>0.05$), en tanto que el CDM y el NIH sí resultaron afectadas significativamente ($P<0.05$) por esta variable (Cuadro 1). El INB disminuyó al incrementarse el nivel de melaza ofrecida, y originó que los tratamientos de complementación presentaran una eficiencia económica menor que la del testigo (sólo pastoreo) (Cuadro 1).

Experimento 2

El efecto del tratamiento 2 no fue significativo ($P>0.05$) sobre PLV y PLT. Empero, su efecto sobre la GDP fue altamente significativo ($P < 0.01$) (Cuadro 2). La PLV en las vacas con MU3 fue 0.5 kg/vaca/día mayor que en las que recibieron CON. La diferencia en PLT fue de 0.8 kg/vaca/día en favor de MU3. Las vacas complementadas con MU3 ganaron 0.62 kg/vaca/día más que las complementadas con CON. El consumo de MS de MU3 fue 0.65 kg/vaca/día menor que el de las vacas que recibieron CON; esta diferencia fue altamente significativa ($P<0.01$). El CON fue, en promedio, de 2.03 ± 3.2 kg MS/100kg PV y 9.8 kg MS/vaca/día. El INB y el INN fueron mayores, y el COA menor para la MU3 (Cuadro 2).

Experimento 3

La PLV, CLB y Pl L de TA fue significativamente mayor ($P<0.05$) que la de TB. La CC inicial no fue significativamente distinta ($P>0.05$) entre tratamientos, en tanto que la CC final de TA fue significativamente mayor ($P<0.05$) por una unidad, que la de las vacas en TB (Cuadro 3). El incremento en CC fue cinco veces mayor en TA que en TB. El PV inicial y final fue afectado

($P<0.05$) por el tratamiento. La GDP de TA fue significativamente ($P<0.05$) mayor que la de TB. El INN fue mayor para TA. La leche de las vacas en TA tuvo un contenido de grasa y proteína ligeramente superior al de las vacas del TB, pero no hubo diferencias en densidad y pH (datos no presentados). La MSP promedio fue 1424+328 kg MS/ha con contenidos de PC y FC de la planta entera de $11.5\pm2.9\%$ y $28.3\pm3.4\%$, respectivamente.

Discusión

Experimento 1

Cuadro 1

EFFECTO DEL NIVEL DE MELAZA OFRECIDO,
SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE
VACAS HOLSTEIN-CEBU DE DOBLE
PROPOSITO1 EN EL TROPICO HUMEDO DEL
ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO
(EXPERIMENTO 1)

Variable	0	1.41	2.82	4.23
Desempeño productivo (kg)				
Leche vendible	6.50 ^{a3}	6.10 ^a	6.10 ^a	5.40 ^b
Peso vivo	394 ^a	398 ^a	399 ^a	393 ^a
Digestibilidad de la materia seca				
Dieta completa	64.4 ^a	59.0 ^b	58.0 ^b	55.9 ^c
Consumo de materia seca				
Total simulado ⁴	14.27	14.69	15.12	15.12
Complemento	0.00	1.50	2.70	3.03
Pastura (por diferencia)	14.27	13.19	12.42	12.09
Consumo simulado de energía (mj ⁴)				
Total requerido	101.82	100.56	100.98	98.05
Melaza	0.00	17.18	31.01	34.78
Pastura (por diferencia)	101.89	83.38	69.97	63.27
Consumo simulado de proteína cruda (kg 4)				
Total requerido	1.085	1.059	1.063	1.013
Complemento	0.000	0.056	0.100	0.112
Pastura (por diferencia)	1.085	1.003	0.963	0.901
Análisis de costo-beneficio (\$ m. n.) (octubre, 1997)				
Ingreso bruto	12.35	11.59	11.59	10.26
Costo de alimentación	1.33	3.18	4.65	5.06
Ingresa neto	11.02	8.41	6.94	5.20
Tasa de retorno directa	8.29	2.64	1.49	1.03

¹ Las vacas pastaron estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) a 2 vacas/ha.

² Todos los valores y unidades se expresan en base individual por día.

³ Las medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($P>0.05$), si no, la diferencia es altamente significativa ($P<0.01$).

⁴ Calculados de acuerdo a García-Trujillo y Cáceres, mediante el programa ANALIT (© Instituto de Ciencia Animal, Ministerio de Educación, República de Cuba) diseñado para estimar el balance alimenticio de ganado lechero.

Cuadro 2

EFECTO DEL TIPO DE COMPLEMENTO SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE VACAS 3/4 HOLSTEIN x 1/4 CEBU DE DOBLE PROPOSITO ¹ EN EL TROPICO HUMEDO DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO (EXPERIMENTO 2).		
Tratamiento ^{2,3}		
	1(MU3)	2 (CON)
Desempeño productivo (kg)		
Producción de leche vendible	10.62 ^{a4}	10.10 ^a
Consumo de leche del becerro	1.73 ^a	1.45 ^a
Producción total de leche	12.35 ^a	11.55 ^a
Ganancia diaria de peso	0.73 ^a	0.11 ^b
Consumo de materia seca (kg)		
Complemento	3.00 ^a	3.65 ^b
Pastura	10.62	10.47
Total	13.65	14.15
Total simulado	15.19	14.86
Diferencia entre el total medido y el simulado	-1.44	-0.71
Consumo simulado de energía (mj ⁵)		
Total requerido 137.60	137.60	112.72
Complemento 33.51	33.51	42.45
Pastura (por diferencia) 104.08	104.08	70.27
Consumo simulado de proteína cruda (kg 5)		
Total requerido	1.558	1.207
Complemento	0.538	0.488
Pastura (por diferencia)	1.020	0.719
Análisis de costo-beneficio (\$ m. n.) (octubre, 1997)		
Ingreso bruto	23.47	21.95
Costo de suplementación	4.13	3.73
Ingreso neto	19.34	18.22
Tasa de retorno directa	4.68	4.88

¹ Las vacas pastaron estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) a 9 vacas/ha.

² MU3 fue una mezcla de 90% demelaza de caña de azúcar, 7% de agua y 3% de urea; CON (concentrado "casero") fue una mezcla de 45% de pulpa de cítrico deshidratada, 35% de pollinaza, 19% de grano de sorgo molido y 1% de una mezcla rumeral.

³ Todos los valores y unidades se expresan en base individual por día.

⁴ Las medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($P>0.05$), si no la diferencia es altamente significativa ($P<0.01$).

⁵ Calculados de acuerdo a García-Trujillo y Cáceres,¹⁰ mediante el programa ANALIT (© Instituto de Ciencia Animal, Ministerio de Educación, República de Cuba) diseñado para estimar el balance alimenticio de ganado lechero

Cuadro 3

EFECTO SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE VACAS HOLSTEIN x CEBU DE DOBLE PROPOSITO¹ EN EL TROPICO HUMEDO DEL ESTADO DE VERACRUZ, AL AGREGAR HARINA DE SANGRE (HSA) A LA MELAZA-UREA (EXPERIMENTO 3).

Tratamientos ^{2,3}		
Variable	A (MU2+HSA)	B MU4
Producción de leche (kg)		
Producción de leche vendible	12.2 ^{a4}	9.8 ^b
Consumo de leche del becerro	2.4 ^a	1.4 ^a
Producción total de leche	14.6 ^a	11.2
Condición corporal (puntos)		
Inicial	1.6 ^a	1.8 ^a
Final	3.0 ^a	2.1 ^b
Cambio en cc (120 días)	1.4 ^a	0.3 ^b
Peso y ganancia de peso (kg)		
Inicial	485 ^a	476 ^a
Final	525 ^a	493 ^a
Ganancia diaria de peso	0.327 ^a	0.139 ^b
Consumo de materia seca (kg ⁵)		
Total (simulado)	17.1	16.7
Complemento	2.3	2.3
Pastura (por diferencia)	14.8	14.4
% Del pv (simulado)	3.4	3.5
Análisis de costo-beneficio (\$ m. n.) (octubre, 1997)		
Ingreso bruto	27.74	21.28
Costo de la complementación	4.08	3.87
Ingreso neto	23.66	17.41
Tasa de retorno directa	5.80	4.50

¹ Las vacas pastaron estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) a 3.5 vacas/ha.

² MU2 Y MU4 fueron mezclas con 90% de melaza de caña de azúcar, 8% o 6% de agua y 2% o 4% de urea, respectivamente. HSA fue harina de sangre, usada como fuente de proteína sobrepasante (PSP).

³ Todos los valores y unidades se expresan en base individual por día.

⁴ Las medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($P>0.05$), sino la diferencia es altamente significativa ($P<0.01$). Calculados de acuerdo a García-Trujillo y Cáceres,¹⁰ mediante el programa ANALIT (© Instituto de Ciencia Animal, Ministerio de Educación, República de Cuba) diseñado para estimar el balance alimenticio de ganado lechero en el trópico.

La respuesta al incremento en la cantidad mezclada ofrecida fue negativa. Clarke *et. al.*¹⁶ encontraron una correlación negativa altamente significativa ($P<0.01$) ($r=-0.70$) entre el nivel de melaza consumida y la producción de leche individual. En el mismo sitio, pero durante el periodo de "nortes" (noviembre a marzo), Barreiro *et al.*¹⁷ encontraron una respuesta positiva a la complementación con melaza hasta el nivel de 3kg/vaca/día, pero a niveles mayores, la PLV decreció, o bien permaneció constante. Chopping *et al.*¹⁸ al trabajar con vacas lecheras que pastaron zacate Pangola (*Digitaria decumbens*) irrigado y fertilizado, mostraron que al complementar con 3 o 4 kg de melaza/vaca/día se incrementaba la producción láctea en 2.5 kg/vaca/día. A niveles mayores, la respuesta decreció, lo que no ocurrió al complementar con grano de cereal.

Una dieta con gran contenido de carbohidratos muy solubles en el rumen ocasiona una reducción del pH ruminal y de la relación acetato:propionato. A su vez, incrementa la glucosa en sangre y cambia el balance hormonal, lo que resulta en una síntesis mayor de tejido adiposo que reduce el suministro de precursores de grasa de la leche a la ubre.^{19,20} También se ha informado que los incrementos repentinos del consumo de melaza pueden deprimir el consumo total de MS debido a un desbalance entre cuerpos cetónicos y glucógeno.²¹ Lo que reduce la PLV El consumo de melaza se incrementó al aumentar el nivel de melaza ofrecido. Sin embargo, sucedió lo contrario con la digestibilidad de la dieta (Cuadro 1). Así, la cantidad total de nutrientes consumidos decreció y, por lo tanto, la PLV se redujo.

Una vaca mostró signos de intoxicación por consumo excesivo de melaza (3.8 kg/día) durante el primer periodo experimental. El consumo de una cantidad excesiva de melaza en un tiempo muy corto incrementa los requerimientos de glucosa, usada para compensar el incremento en la absorción de acetato.⁵ Por lo tanto, al ofrecer melaza *ad libitum* durante el ordeño, tal como se hizo en el presente experimento, llevó a esta vaca a comer de más, por lo cual debe considerarse como una práctica inapropiada, en comparación con el suministro continuo de melaza durante el día. Otro animal presentó la menor PLV en los tres periodos (1.1kg/vaca/día), con un consumo de melaza inferior al promedio (2.2 kg/vaca/día), a pesar de ser la más pesada del hato. Esos animales no se remplazaron pues no hubo otros con características similares.

La PLV fue prácticamente la misma para los periodos 1 y 2 (5.2 y 5.6 kg/vaca/día, respectivamente), pero fueron inferiores a la del periodo 3 (7.3 kg/vaca/día). El contenido de PC del forraje ingerido estuvo por encima del contenido crítico del 7%, por abajo del cual se reduce el consumo de forraje ofrecido *ad libitum*.²² 10.7%. 10.6% y 8.1% para los periodos del 1 al 3, respectivamente. Por lo tanto, el contenido de PC no fue responsable de la reducción en PLV al progresar el experimento. Las observaciones de campo indicaron que el ligero incremento en lluvia en el periodo 2 mejoró la disponibilidad de forraje en el periodo 3 y llevó a un mayor consumo de MS, por ende, a una mayor PLV. Esto

se apoya en el hecho de que el PV se comportó de manera similar a la PLV: 388, 393 y 407 kg/vaca para los periodos 1 al 3, respectivamente.

Experimento 2

No hubo ninguna ventaja de un complemento sobre otro con respecto a la PLV. Se esperaba un mejor desempeño de las vacas que recibieron CON, porque consumieron más EM, que aquellas que comieron MU3. La EM de ambos complementos es altamente disponible para el rumiante, y la proteína de ambos es altamente soluble en el rumen. Además, la pollinaza frecuentemente contiene amidas que promueven el crecimiento de microorganismos ruminantes, lo cual aumenta el flujo de proteína verdadera al intestino delgado.⁵ Las cruzas de Holstein que pastan en el trópico pueden alcanzar una producción láctea alta, si consumen alrededor de 3 kg/vaca/día de concentrado y el consumo de forraje no se ve limitado por una carga excesiva y mala calidad de la pastura. En Cuba, las Holstein de segundo parto que pastaron Bermuda de la costa (*Cynodon dactylon*) irrigado y pastado a una carga de 4.5 vacas/ha, que recibieron además 0.5 kg de un concentrado (10.8 MJ EM/kg MS y 16% PC), a partir de 1, 4, 7 o 10 kg de leche producidos, dieron en promedio 16.7, 12.6, 12.5 y 10.9 kg leche/vaca/día, respectivamente, con consumos de concentrado de 7.8, 4.3, 2.8 y 0.5 kg MS/vaca/día.²³ En el presente caso, la PLT promedio fue de 11.6 kg/vaca/día, con un consumo estimado de CON de 3.6 kg MS/vaca/día. La GDP fue 6.6 veces mayor para las vacas que consumieron MU3 (Cuadro 2). En Cuba, García-Vila *et al.*²⁴ encontraron GDP ligeramente superiores en un periodo de 84 días, cuando sustituyeron dos tercios o todo el concentrado por MU3. Esto se debió probablemente a que la melaza fue usada con más eficiencia para ganancia de peso que para producción de leche. Kalmbacher *et al.*, en Florida, encontraron que la pérdida de peso en vacas de cría adultas en pastizales nativos fue similar, independientemente del tipo de complemento utilizado (MU o MU más harina de semilla de algodón), y explicaron que cuando se da al ganado altas cantidades de melaza con bajo contenido de PC, la utilización de urea mejora el PV y la CC.

No pudo determinarse si hubo algún efecto sustitutivo del complemento sobre el consumo de MS de forraje, porque las vacas de ambos tratamientos pastaron como un sólo hato. El consumo promedio de MS mostró una gran variabilidad (CV alrededor de 150%) entre divisiones en los muestreos. A pesar de esto, el promedio (alrededor del 2% del PV) estuvo dentro de los límites para el ganado que consume pasturas tropicales.²⁶ La disponibilidad de forraje no fue determinante del consumo total de materia seca. La cantidad de MS ofrecida en la pastura fue 6.86 ± 2.27 kg MS/100 kg PV, entonces, a las vacas se les ofreció tres veces el consumo esperado^{27, 28} y, por lo tanto, amplia oportunidad para seleccionar el forraje altamente nutritivo (relación hoja: tallo de 2.21 ± 1.98 y 1.37 ± 0.54 para antes y después del pastoreo,

respectivamente) para cubrir las necesidades de llenado del rumen.

Comparado con el del CON, el INN de la MU3 fue 9.6% mayor a pesar de que su costo fue 10.7% mayor. En Costa Rica, López²⁹ encontró que el concentrado comercial fue mejor que la melaza para incrementar la producción láctea del ganado criollo, pero la melaza dio mayores ingresos, era más fácil de encontrar en los mercados regionales y su precio y calidad nutricional variaban menos que los del concentrado. En Venezuela, Nicholson *et al.*³⁰ encontraron que, comparada con el concentrado comercial, la melaza-urea era el complemento más redituable. Kalmbacher *et al.*²⁵ afirmaron que en los trópicos, los complementos con base en melaza-urea tienen un menor precio que los que contienen proteína natural, lo cual es económicamente ventajoso.

Experimento 3

Stobbs *et al.*³¹ y Rogers *et al.*³² encontraron que al complementar con caseína protegida, la producción de leche se incrementó a razón de 19.5% y 12.0%, respectivamente. Dhimann y Satter³³ complementaron vacas Holstein con raciones a base de una mezcla de harina de pescado más harina de sangre con la cual obtuvieron un incremento de 18% sobre el testigo. Los resultados del experimento 3 siguieron una tendencia similar. Asimismo, al dar PSP al ganado, el consumo de MS aumenta, y por lo tanto, aumenta la producción de leche.⁵ Por el contrario, hay informes de efectos muy pequeños o nulos de la complementación con varias fuentes de PSP. Lascano y Avila³⁴ complementaron con harina de pescado a vacas holstein que pastaron una asociación gramínea/leguminosa, y encontraron incrementos en producción láctea de sólo 5% sobre el testigo; en tanto que con algunas asociaciones gramínea/leguminosa, sin complementar al ganado, obtuvieron mejores resultados. En la literatura se ha informado de efectos similares^{35,36,37}.

El efecto benéfico de las fuentes de PSP en hembras adultas fue informado por Lindsay y Loxton³⁸ y Lindsay *et al.*³⁹ quienes indicaron valores de GDP de 0.75 kg/cabeza día en vacas Brahman gestantes que consumieron en pastizal nativo y se complementaron con una mezcla de fuentes de PSP (harinolina, harina de pescado y harina de carne protegida). Empero, en otros estudios no se ha podido encontrar un efecto positivo de algunas fuentes de PSP (harina de pescado más harina de lupino dulce) sobre la GDP de las vacas.³⁶ En el presente experimento, el efecto positivo de la harina de sangre parece estar ligado a un aumento en el suministro de proteína verdadera al abomaso e intestino delgado. La PC en el TB era altamente soluble al rumen y no pudo haber sido utilizada inmediatamente para la producción.⁵

Implicaciones

En el experimento 1, los efectos significativos del bloque, vaca dentro de bloque y periodo sobre la PLV y PV

indicaron que el diseño permutable reversible controló efectivamente la variación ambiental, sustrayéndola del error experimental. Empero, el desempeño anormal de las dos vacas pudo haber sesgado los resultados, dado que ambas recibieron el nivel más alto de melaza (6 kg/vaca/día) en el periodo 1, lo cual no pudo ser corregido por el análisis estadístico. Por otro lado, es posible que tales diseños no sean los más apropiados para probar tratamientos de complementación en vacas de doble propósito, particularmente cuando el número de animales es reducido. La solución sería aplicar el tratamiento durante lactancias completas. Aun cuando esto reduce el número de tratamientos a probar, permite el estudio del efecto de los tratamientos sobre el desempeño reproductivo, lo cual es de primordial importancia en los SDP, donde la nutrición de la vaca y el amamantamiento interactúan para determinar la longitud del anestro posparto.⁴⁰

Meijis *et al.*⁴¹ previnieron contra el uso del método de la diferencia para determinar el consumo de MS de la pastura, cuando los períodos de pastoreo superan los tres días, pero aun con períodos más cortos, como los usados en los experimentos 2 y 3, no funcionó correctamente. El uso de marcadores es mucho más adecuado para estimar el consumo; sin embargo, en los países en desarrollo, el método de la diferencia es el único medio disponible para obtener este dato; por tanto, deben desarrollarse y probarse nuevos protocolos que mejoren su sensibilidad. Los complementos con base en melaza sólo serán ventajosos si sus precios permanecen estables. Sin embargo, la industria productora de alcohol se está expandiendo rápidamente, y compite fuertemente con la ganadería por la melaza. Así, se espera una reducción en el uso de la melaza para complementar al ganado. Aunque la pulpa de cítrico y la pollinaza parecen buenas alternativas, su precio se ha incrementado paulatinamente en los últimos años, lo que hace difícil que se sigan empleando como fuentes alimenticias baratas. Lo anterior se debe a la gran demanda por pulpa de cítrico de parte de los lotes de engorda del norte del país, altamente tecnificados y con buen capital, en donde se sustituye el maíz por la pulpa de cítrico, dado el contenido similar de EM en ambos,⁴² y el bajo costo del segundo. En México, una disposición legal indica que la pollinaza debe tratarse para eliminar agentes patógenos, la cual ha causado que el precio se incremente y disminuya su uso. La mayoría de las asociaciones ganaderas locales carecen casi permanentemente de capital para comprar grandes cantidades de melaza, o bien, raras veces pueden amortiguar los incrementos súbitos de precio de los ingredientes.⁴ Por tanto, es necesario contar con alimentos más baratos.

Las fuentes vegetales de PSP son tan buenas como las de origen animal, tal como lo sugieren los resultados de Grummer *et al.*⁴³ y Mansfield *et al.*⁴⁴ quienes no pudieron encontrar diferencias en la producción de leche de vacas Holstein alimentadas con harina de soya o harina de carne y hueso. Así, las harinas altamente proteínicas (algodón, girasol, coco, sangre, pluma hidrolizada) constituyen una buena alternativa, así como las harinas

de hoja de árboles y arbustos leguminosos. Las primeras son aparentemente caras, pero dan un costo bajo de nutrimento por kg,⁴⁵ además de proporcionar PSP usada rápidamente por el rumiante para la producción de leche y carne, y PC degradable en el rumen, que mejora la utilización de la fibra, particularmente con pasturas y forrajes de baja calidad.⁴⁶

A partir de lo anteriormente expuesto, se concluyó lo siguiente:

1. Dar melaza *ad libitum* durante el corto tiempo de ordeno resultó perjudicial a la producción láctea.
2. La MU3 fue mejor que el CON, pero la tendencia ascendente de aumento de precio sugiere que la investigación futura debe enfocarse en fuentes de PSP o hacia follajes de arbustos y árboles, bajo sistemas silvopastoriles o de corte y acarreo.
3. La inclusión de harina de sangre al complemento de melaza-urea mejoró la productividad de las vacas Holstein x Cebú de doble propósito, permitiendo además un ingreso neto aceptable.

Agradecimientos

Se agradecen las contribuciones de Humberto Troncoso y Alberto Reyes Gómez-Llata, de los departamentos de Nutrición Animal y Bioquímica, y Economía, respectivamente, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, y de Bertha L. Rueda, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Se da un reconocimiento especial a R. E. McDowell, Departamento de Ciencia Animal, Universidad Estatal de Carolina del Norte, en Raleigh, y a Ronald A. Leng, Departamento de Bioquímica y Nutrición Animal, Universidad de Nueva Inglaterra en Armidale, Australia, por sus valiosas sugerencias.

Referencias

1. Barradas 1 HV Esquilmos y subproductos agroindustriales como alternativa forrajera. Publicación Especial No. 18. XII Symposium de Ganadería Tropical; 1991 diciembre 11; Veracruz, Veracruz, México Veracruz (Veracruz) México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 1991:67-83.
2. Corro M, Galindo L, Aluja A. Costos de producción en módulos demostrativos con productores cooperantes de la región Veracruz centro: 1993. Memorias de la VII Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz; 1994 diciembre 7-8. Veracruz, Veracruz, México. Veracruz, Veracruz, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 1994:168.
3. Aluja A, McDowell RE. Decisión making by livestock crop small holders in the state of Veracruz. México. Cornell International Agriculture Mimeograph 105. Ithaca (NY): Department of Animal Science, Cornell University, 1984.
4. Menocal E, Dávalos JL, Aluja A, Alvarez A. iagnóstico y estrategias de desarrollo para la producción de leche en la región Veracruz centro. México (DF): Comisión Nacional del Agua, Instituto Nacional de Tecnología del Agua, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 1992.
5. Preston TR, Leng RA. Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and subtropics. Armidale, Australia: Penamblll Books, 1987.
6. Acosta R, Ruvuna F, Marín B, Aluja A. Comportamiento productivo en cruces Holstein x Cebú bajo condiciones de trópico húmedo. Memorias de la VII Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz; 1994 diciembre 7-8; Veracruz, Veracruz, México. Veracruz, Veracruz, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 1994: 155.
7. Leng RA. Factors affecting the utilization of "poor quality" forages by ruminants, particularly under tropical conditions. Nutr Res Rev 1990;3:277-303.
8. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. México (DF): Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 1981.
9. Aguilar A, Alonso F, Baños A, Espinosa A, Juárez J, Tort A, Coletti L. Aspectos económicos y administrativos en la empresa agropecuaria. México (DF~: LIMUSA, 1989.
10. García-Trujillo R, Cáceres O. Introducción de nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los forrajes tropicales. 4. Consumo. Pastos y Forrajes 1985;8:449-470.
11. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 13th ed. Washington (DC): AOAC, 1980.
12. Van Keulen J, Young BA. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. J Anim Sci 1977;44:282-287.
13. Lucas HL. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. Institute of Statistics Mimeo Series # 18. Raleigh (NC): North Carolina State University, 1974.
14. Haydock KP, Shaw NH. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Austr J Exp Agric Anim Husbandry 1975;15:169-171.
15. Edmonson JA, Lean JI, Weaver DL, Farver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J Dairy Sci 1989;78:68-79.
16. Clarke J, Geerken CM, Preston TR, Zamora A. Mielles como fuente de energía en dietas bajas en fibra para la producción de leche. 3. Efecto de variar la relación miel: grano en una dieta baja en fibra. Rev Cub Cienc Agric 1972;6:159-171.
17. Barreiro RML, Castillo GE, Jara LC, Marín MBJ. Efecto de la suplementación con melaza sobre la producción de vacas lecheras en el trópico. Boletín Informativo CEIEGT 1987-1988. México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 1991: 42-43.

18. Chopping GD, Deans HD, Sibbick R, Thurbon PN, Stoko J. Milk production of irrigated nitrogen fertilized grass. *Proc Austr Soc Anim Prod* 1970;11:481-484.
19. Clarke J, Preston TR, Zamora A. Miel final como fuente de energía en dietas de poca fibra para la producción de leche. 1. Efecto de variar el nivel de melaza. *Rev Cub Cienc Agric* 1972;6:11-17.
20. Clarke J, Preston TR, Zamora A. Miel final como fuente de energía en dietas de poca fibra para la producción de leche. 2. Efecto de variar el nivel de grano. *Rev Cub Cienc Agric* 1972;6:19-25.
21. Pérez-Infante F, Cruz J. Efecto de la suplementación con miel-urea sobre la composición química y producción de leche en una vaquería comercial. *Rev Cub Cienc Agric* 1981;15:257-262.
22. Minson DJ. Forage in ruminant nutrition. New York: Academic Press, 1990.
23. García-Vila R, Pérez-Infante F. Efecto del nivel de suplementación a vacas en pastoreo para la producción de leche. 2. Época seca con irrigación. *Pastos Forrajes* 1978;1:69-75.
24. García-Vila R, Pérez-Infante F, Borjas F, Fernández F. Efecto de la sustitución del concentrado por miel-urea en diferentes proporciones sobre el comportamiento de vacas lecheras. *Pastos Forrajes* 1978;1:63-71.
25. Kalmbacher RS, Brown WF, Pate FM. Effect of molassesbased liquid supplements on digestibility of creeping bluestem and performance of mature cows on winter range. *J Anim Sci* 1995;73:853-860.
26. Anrique R. Consumo de guinea (*Panicum maximum*) y pangola (*Digitaria decumbens*) pastoreados por bovinos de diferentes pesos y edades (tesis de maestría). Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, 1970.
27. Combellas J, Hodgson J. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 1. The effect of variation in herbage mass and daily herbage allowance in a shortterm trial. *Grass Forage Sci* 1979;34:209-214.
28. Le Du YLP, Combellas J, Hodgson J, Baker RD. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 2. The effects of level of winter feeding and herbage allowance. *Grass Forage Sci* 1979;34:249-260.
29. López U. Efecto de la estabulación y la administración de concentrados sobre la producción de vacas lecheras en el trópico (tesis de maestría). Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, 1970.
30. Nicholson CF, Blake RW, Urbina CI, Lee DR, Fox DG, Van Soest PJ. Economic comparison of nutritional management strategies for Venezuelan dual-purpose cattle systems. *J Anim Sci* 1994;72:1680-1696.
31. Stobbs TH, Minson DJ, McLeod MN. The response of dairy cow grazing nitrogen fertilized grass pastures to a supplement of protected casein. *J Agric Sci (Camb)* 1977;89:137-142.
32. Rogers GL, Porter RHD, Clarke T, Stewart JA. Effect of protected casein supplements on pasture intake, milk yield and composition of cows in early lactation. *Austr J Agric Res* 1980;31:1147-1152.
33. Dhiman TR, Satter I,D. Protein as the first limiting nutrient for lactating dairy cows fed high proportions of good quality alfalfa silage. *J Dairy Sci* 1993;76:1960-1971.
34. Lascano CE, Avila P. Efecto de la suplementación con proteína sobrepasante en producción de leche en pasturas tropicales. *Cienc Invest Agraria* 1993;20:117-123.
35. Mantysaari PE, Sniffen CJ, Muscato TV. Performance of cows fed soybean meal or animal by-product meal diets in early lactation. *J Dairy Sci* 1988;71:989-990.
36. Hazard S, Butendieck N. Evaluación de diferentes fuentes protéicas en el concentrado para vacas que reciben ensilaje de maíz como dieta base. *Cienc Invest Agraria* 1993;20:136-140.
37. Robinson PH, Charmley E, McQueen RE. Protein supplementation of high protein alfalfa silage fed to lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1992;75:202-205.
38. Lindsay JA, Loxton ID. Supplementation of tropical forage diets with protected proteins. In: Farrell JD, editor. Recent advances in animal nutrition in Australia. Armidale, Australia: University of New England, 1981: IA (Abstract).
39. Lindsay JA, Mason GWJ, Toleman MA. Supplementation of pregnant cows with protected proteins when fed tropical forage diets. *Proc Austr Soc Anim Prod* 1982;14:67-68.
40. Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE. Physiological mechanisms controlling anestrus and fertility in postpartum beef cattle. *J Anim Sci* 1990;68:799-805.
41. Meijis JAC, Walters RJK, Keen A. Sward methods. In: Leaver JD, editor. Herbage intake handbook. Hurley, England (UK): The British Grassland Society, 1982:11-36.
42. Katade AJ, Shinde VT, Gampawar AS. Chemical composition and nutritive value of dried orange pomace, anits utilization in the ration of crossbred milch cows. *Indian J Dairy Sci* 1994;47:640-643.
43. Grummer RR, Luck ML, Barmore JA. Supplementation of raw soybeans, raw soybeans plus animal by product proteins or roasted soybeans to diets for high producing cow. *J Dairy Sci* 1992;75:278-283.
44. Mansfield HR, Stern MD, Otterby DE. Effects of beet pulp and animal by-products on milk yield and in vitro fermentation by rumen microorganisms. *J Dairy Sci* 1994;77:205-216.
45. McDowell RE. Dairying with improved breeds in warm climates. Raleigh (NC): Kinnic Publishers, 1994.
46. Perdok HB, Leng RA. Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated or ammoniated rice straw. *Austr J Anim Sci* 1990;3:269-279.