

VALOR NUTRITIVO DEL ENSILAJE DE PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*, Schum) CV TAIWAN, ADICIONADO CON UN INHIBIDOR Y DOS ESTIMULANTES DE LA FERMENTACION^a

Rubén Aguilera Sosa^b

Gerardo LLamas Lamas^c

Armando S Shimada Miyasaka^c

RESUMEN

Se realizaron tres experimentos para estudiar la adición de dos fuentes de glúcidos (melaza y sorgo molido) en dos niveles (4 y 8%) y bacitracina-Zn (0 y 5 ppm), sobre las características químicas y fermentativas del Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv Taiwán. En el primer experimento con microensilajes se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 2 + 1$ control. El pH, materia seca (MS), etanol, ácido acético y láctico fueron afectados ($P < 0.01$) por la fuente y nivel de glúcidos. El control presentó más acético, disminuyéndose ($P < 0.01$) al adicionar melaza o sorgo. La concentración de butírico fue mayor ($P < 0.01$) con sorgo y en el control. La producción de láctico (3.59%) fue mayor ($P < 0.01$) con 8% de glúcidos a partir de melaza. la interacción fuente x nivel fue significativa ($P < 0.01$) para MS, proteína cruda, etanol, acético y láctico, observándose efectos más positivos al emplear melaza. La interacción fuente x bacitracina Zn indicó que el butírico disminuyó solamente en los tratamientos con melaza. En el segundo experimento con ovinos, se evaluaron mediante un diseño completamente al azar tres ensilados: Taiwán + 8% melaza (TM), Taiwán + 8% melaza + 5 ppm de bacitracina-Zn (TMB) y sorgo forrajero (SF) como testigo. la ganancia de peso (123, 130 y 132 g/animal/día para SF, TM y TMB) fue similar ($P > 0.05$), y los consumos fueron mayores ($P < 0.05$) para TM y TMB (660 y 646 g de MS del ensilado/animal/día contra 526 g con SF). En el tercer experimento se determinó la tasa de digestión in vitro de los ensilados empleados en el experimento dos. El contenido de fibra indigestible fue de 42.9, 31.1 y 31.9% mientras que la Kd de la fibra potencialmente digestible de los ensilajes fue de 7.2, 7.9 y 8.4% por hora para SF, TM y TMB respectivamente. Se concluye que la fuente de glúcidos que mejor efecto ejerció para preservar el pasto, fue la melaza de caña. La adición de bacitracina-Zn tuvo poco o nulo efecto sobre las características químicas y fermentativas de los ensilajes.

Téc. Pec. Méx. Vol. 30 No. 3 (1992)

INTRODUCCION

Los ensilajes de forrajes tropicales no son comparables a los obtenidos con especies de clima templado^{5,14}. Generalmente los pastos tropicales poseen un alto porcentaje de fibra y agua, mostrando pobre contenido de azúcares solubles en agua. La combinación de estos factores resultan en un retraso en la fermentación y en la proliferación de

clostridios. los cuales producen ácido butírico, mayor pérdida de energía, degradación de proteínas y un incremento en las pérdidas por efluentes. La adición de azúcares promueve un crecimiento acelerado de bacterias lácticas, un desarrollo más rápido de las condiciones ácidas y la eliminación temprana de bacterias coliformes³⁰. Los clostridios se desarrollan tanto en ensilajes tratados como en no tratados, aunque lentamente en presencia de glúcidos³⁰.

La aplicación de 2 a 4% de melaza sugerida como necesaria para promover una fermentación deseable es razonable; sin embargo, Catchpoole² concluye que el nivel mínimo debe ser 4%, ya que el uso de un nivel menor produce ensilajes de calidad no

a Recibido para su publicación el 22 de mayo de 1992.

b Campo Experimental "La Posta", Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-SARH. Apdo. Postal 898 Suc. "A", Veracruz, Ver., México.

c Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP-SARH. Apdo. postal 29-A, Querétaro, Qro., México.

satisfactoria, con concentraciones significativas de ácido butírico⁶. La producción de ensilajes a partir de especies de pastos tropicales sin el uso de aditivos ha sido evaluada por varios investigadores^{1,3,4,19,20}. Tales ensilados, generalmente presentan valores de pH elevados, de baja a mediana concentración de ácidos y una cantidad de moderada a alta de nitrógeno amoniacal (N-NH₃). La disminución en la actividad del agua y el incremento en la presión osmótica de la savia celular parecen jugar un papel significativo en el mantenimiento de la estabilidad de estos ensilajes al limitar el crecimiento de los clostridios⁶. Por sus efectos inhibitorios sobre las bacterias gram (+) particularmente las variedades productoras de endosporas, desde la década de los 50's se ha investigado la adición del antibiótico bacitracina-Zn al ensilaje³³. Los resultados obtenidos por Mc Carrick¹² sugieren que la bacitracina-Zn tiene poco o nulo efecto sobre la calidad del ensilado, si es aplicada sola o con melaza. Por el contrario, datos más recientes indican que la adición de este antibiótico de pasto con alto contenido de humedad, reduce la producción de butírico e incrementa la concentración de láctico y acético²³.

El presente trabajo se realizó con el objeto de conocer el efecto de la inclusión de dos fuentes de glúcidos en dos niveles y bacitracina-Zn sobre las características químicas y fermentativas del Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv Taiwán.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental "La Posta" de Paso del Toro, Ver., dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de México.

Se realizaron tres pruebas: una de fermentación en microsilos, otra de comportamiento de ovinos y una más de digestibilidad in vitro.

En el primer experimento, se empleó Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv Taiwán de 90 días de edad y 2.5

m de altura; cultivado y fertilizado con 180 kg de nitrógeno/ha en una parcela localizada en el municipio de Coatepec, Ver. El clima es tropical (A)c (fm) con precipitación y temperatura promedio anual de 1957 mm y 19 C⁹. Una vez cortado, el pasto se trasladó al C.E. "La Posta". Para la prueba de microsilos se emplearon tubos para drenaje de cemento y arena, de 30 cm de diámetro interno y 90 cm de altura con capacidad para 40 kg de material fresco. Los tubos fueron sellados con cemento en la base, dejándoles un orificio de aproximadamente 2.5 cm para favorecer la salida de efluentes.

El pasto se picó a un tamaño de partícula de 3-4 cm; posteriormente, se procedió a pesar el pasto y los aditivos para su mezcla. Se adicionaron 4 y 8% de glúcidos a partir de melaza de caña y sorgo en grano molido. El análisis previo de la melaza indicó un nivel de 50% de glúcidos solubles en agua⁷, en tanto que el sorgo solo alcanzó 41% de glúcidos totales, previa hidrólisis con HCL¹¹. Con base en el contenido de azúcares de estos ingredientes, la cantidad empleada fue de 8 y 16% de melaza y 9.75 y 19.5% de sorgo molido. La dosificación de bacitracina-Zn se estableció en 5 ppm²³. La cantidad total de forraje por microsilo fue de 30 kg; previo al ensilaje, se tomaron dos alícuotas representativas de aproximadamente 1 kg de pasto, así como de las mezclas realizadas; una se congeló a -20 C y otra se secó en estufa de aire forzado a 55 C. El material seco fue molido en un aparato Wiley, empleándose un tamiz de 1mm. Las características químicas de las mezclas antes de ensilarlas, se muestran en el Cuadro 1. Una vez terminado el mezclado con el aditivo correspondiente, se depositó y compactó en el tubo cada 20 cm con un apisonador de fierro de aproximadamente 20 kg de peso hasta llenarlo al 80% de su capacidad, inmediatamente después, se les colocó una bolsa de polietileno aflozada en la parte superior del tubo y se cubrió el 20% restante con arena, de tal forma que se evitara la entrada de aire. Los microsilos se alojaron protegidos del sol y de la lluvia en un cuarto semicerrado.

CUADRO 1. CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*, Schum) CV TAIWAN MEZCLADO CON ADITIVOS ANTES DE FERMENTAR. EXPERIMENTO No. 1.

	BACITRACINA-Zn ppm	FUENTE DE GLUCIDOS				CONTROL
		M E L A Z A		SORGO MOLIDO		
		4%	8%	4%	8%	
Materia seca, %	0	18.6	24.8	20.4	25.0	14.0
	5	18.3	22.5	22.2	25.9	
Proteina cruda, %	0	8.4	7.1	10.9	10.6	10.6
	5	9.0	8.4	10.2	10.4	
N-NH ₃ x 10 ⁻³ , %	0	4.2	4.6	5.6	6.0	4.7
	5	4.5	5.4	5.9	6.5	
pH	0	6.1	6.1	6.1	6.2	5.9
	5	6.4	6.9	6.9	6.6	
Glúcidos solubles, %	0	5.5	9.4	5.5	9.3	1.7
	5	5.5	9.4	5.5	9.3	

Se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2 x 2 + 1 grupo control³² con tres repeticiones por tratamiento. Los factores en estudio fueron: fuente de glúcidos (melaza de caña y sorgo molido), nivel de glúcidos a partir de esas fuentes (4 y 8%) y el antibiótico bacitracina-Zn (0 y 5 ppm). El tratamiento control consistió solamente de pasto Taiwán con 6 réplicas.

Después de 33 días, todos los microsilos fueron abiertos; se desecharon los primeros 15 cm de la parte superior de los ensilados y se procedió al muestreo de la misma forma que antes de ensilar y se analizó en el laboratorio²⁴. Las variedades estudiadas fueron: materia seca, proteína cruda, nitrógeno amoniacal, pH, glúcidos solubles, ácidos grasos volátiles, ácido láctico y etanol. La información obtenida de los ensilajes para las variables en estudio, fue sometida a un análisis de varianza³². En los casos donde se encontró diferencia estadística, las medias fueron comparadas por contrastes ortogonales²².

Prueba de comportamiento con Ovinos Pelibuey en finalización:

Con base en los resultados obtenidos en los microensilajes, se evaluó la calidad nutritiva de los tratamientos que presentaron mejores características químicas y fermentativas de acuerdo a los estándares de un forraje bien preservado, en la alimentación de ovinos Pelibuey en finalización. Los ensilajes seleccionados fueron los adicionados con 4% de glúcidos a partir de melaza de caña (8%) con o sin bacitracina-Zn.

Características del forraje empleado

El material vegetativo utilizado fue Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv Taiwán (Cuadro 2) sin fertilizar, mismo que se cortó a 90 días de edad en una parcela del C.E. "La Posta". El tamaño de partícula fue similar al de la primera etapa.

Preparación de los ensilajes

Después de cosechar y picar el forraje, se ensilaron aproximadamente cinco toneladas en dos silos de trinchera, en capas de 20 cm; entre capa y capa antes del apisonado se agregó 8% de melaza (4% de glúcidos) diluida con 15% de agua (TM) o bien

CUADRO 2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*, Schum) CV TAIWÁN (% B.S.)

Materia seca	28.3
Proteína cruda	5.01
Grasa cruda	2.97
Fibra cruda	33.09
Materia mineral	11.21
Extracto libre de nitrógeno	47.72
Glúcidos solubles	7.23

8% de melaza diluída más 5 ppm de bacitracina-Zn. Se compactó y selló adecuadamente cada silo, abriéndose 45 días después. El ensilaje de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) empleado como tratamiento testigo (SF), fue el que rutinariamente se ocupa para la época de escasez de forraje en el Campo Experimental. El Sorgo forrajero se cortó cuando la panoja alcanzó un estado masoso-lechoso, ensilándose en un silo de trinchera con capacidad para 200 toneladas. Las características de los tres ensilados se presentan en el Cuadro 3.

Características de los animales empleados

Se emplearon 30 ovinos machos sin castrar de la raza Pelibuey o Tabasco, procedentes del C.E. "Las Margaritas" de Hueytamalco, Pue., con edad y peso aproximado de 10 ± 1.4 meses y $23.2 \pm$ kg. después de siete días de adaptación a una dieta con base en ensilaje de Sorgo forrajero y concentrado con 17% de proteína cruda (gradualmente se les aumentó la cantidad del concentrado de 100 a 450 g/animal/día), los animales fueron confinados por pares en 15 corraletas con la misma alimentación durante una semana más. Antes de iniciar la prueba, todos los borregos fueron desparasitados y vitaminados (ADE) de acuerdo a su peso. Al inicio, cada 14 días y al final del experimento, todos los ovinos fueron pesados indivi-

dualmente previo ayuno de 14 horas. El agua y los ensilados se proporcionaron a libertad, una vez consumido el concentrado. La razón para ofrecerles concentrado es fundamentada en el hecho de que el ensilado por sí solo no aporta los requerimientos nutricionales para un crecimiento rápido. La cantidad proporcionada fue de 450 g/animal/día para cubrir el 45% de los requerimientos de materia seca señalados por el NRC¹⁵ para animales con peso similar.

Diariamente se registró la cantidad de ensilado ofrecida y los rechazos. De éstos se tomó una alícuota del 10% aproximadamente, para congelarse inmediatamente a -20 C. Semanalmente se determinó la MS de los ensilados y los rechazos, calculándose el consumo promedio diario de MS por corraleta.

Se empleó un diseño completamente al azar con tres tratamientos: Pasto Taiwán adicionado con 8% de melaza (TM), Pasto Taiwán adicionado con 8% de melaza más 5 ppm de bacitracina-Zn (TMB) y Sorgo forrajero (SF). Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones (corraletas) y dos animales por corraleta siendo ésta la unidad experimental. Los borregos de peso similar, fueron distribuidos aleatoriamente para recibir los tres tratamientos durante 63 días que duró la prueba. Las variables de respuesta consumo de MS de los ensilados, consumo de materia seca total, ganancia diaria de peso

CUADRO 3. CARACTERISTICAS QUIMICAS Y FERMENTATIVAS DE LOS ENSILAJES EMPLEADOS EN LA ALIMENTACION DE OVINOS PELIBUEY EN ETAPA DE FINALIZACION.

	SORGO FORRAJERO	TAIWAN 8% MELAZA	TAIWAN, 8% MELAZA 5ppm BACITRACINA-Zn
Materia seca, %	26.9	27.3	29.9
Proteína cruda, %	4.6	5.6	5.2
Fibra detergente neutro, %	68.1	59.6	58.9
pH	3.6	3.8	3.8
Etanol ^a	1.1	1.6	1.3
Acido acético ^a	5.0	4.0	2.6
Acido propiónico ^a	0.5	0.1	----
Acido butírico ^a	0.1	0.1	----

a g/100 g de materia seca.

y conversión alimenticia. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y en los casos donde se encontró diferencia estadística, las medias fueron comparadas por contrastes ortogonales (SF vs TM, TMB; TM vs TMB) ²².

Tasa de digestión de las paredes celulares (FDN) de los ensilados empleados

Aproximadamente 0.5 g de muestras secas de los ensilados de SF, TM y TMB, se incubaron por duplicado con líquido ruminal de acuerdo a la primera etapa de la técnica de Tilley y Terry ²⁵ por 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 y 72 horas. Al finalizar el tiempo de incubación correspondiente, el residuo fue transferido cuantitativamente, junto con el líquido sobrenadante, a un vaso Berzelius, determinándose FDN ²⁸. La digestión de la FDN ocurrida a las 72 horas se consideró la extensión máxima de la digestión y el residuo la fibra indigestible, y la diferencia entre el contenido de FDN original y la fibra indigestible, la fibra potencialmente digestible (FPD), de acuerdo a lo indicado por Waldo, Smith y Cox ²⁹. La tasa de digestión de la FPD se obtuvo graficando en forma semilo-

garítmica el porcentaje de la FPD aún no digerida contra los tiempos de incubación. La pendiente o coeficiente de regresión de la recta obtenida correspondió a la tasa de digestión (kd). El tiempo de retraso (fase lag) del inicio de fermentación, se calculó como lo indica Mertens ¹³.

RESULTADOS Y DISCUSION

Prueba con microensilajes

En el Cuadro 4 se presentan las determinaciones de materia seca (MS), proteína cruda (PC), nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y pH realizadas a los microensilajes de pasto Taiwán. La fuente y nivel de glúcidos empleados afectaron significativamente ($P < 0.01$) el contenido de MS. Se detectó también una interacción significativa ($P < 0.01$) de los factores fuente x nivel para MS y PC, lo que era de esperarse si se considera el contenido de los mismos en el sorgo y melaza. La PC fue afectada ($P < 0.01$) por la fuente de azucares. La producción de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) se incrementó significativamente ($P < 0.01$) en los microensilajes control y los que incluían sorgo molido, inde-

CUADRO 4. CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS ENSILAJES DE PASTO ELEFANTE (*Pennisetum*, Schum) CV TAIWAN. EXPERIMENTO No. 1.

	BACITRACINA-Zn ppm	FUENTE DE GLUCIDOS				CONTROL
		M E L A Z A		SORGO MOLIDO		
		4%	8%	4%	8%	
Materia seca, % ^{a,b,c,d}	0	18.6	20.8	21.9	29.2	16.5
	5	18.2	20.7	22.2	28.5	
Proteina cruda, % ^{a,b,c,d,e}	0	9.2	7.9	9.7	9.6	6.6
	5	8.8	8.6	8.9	10.0	
N-NH ₃ x 10 ⁻² , % ^b	0	2.5	1.6	5.5	6.2	4.5
	5	2.3	1.7	5.9	5.3	
pH ^{a,b}	0	4.3	4.0	4.9	4.6	5.2
	5	4.3	4.1	4.9	4.8	

a Control vs todos; diferente estadísticamente (P < 0.01)

b Melaza vs sorgo; diferente estadísticamente (P < 0.01)

c Nivel 4 vs 8%; diferente estadísticamente (P < 0.01)

d Interacción fuente x nivel; diferente estadísticamente (P < 0.01)

e Interacción nivel x bacitracina-Zn; diferente estadísticamente (P < 0.01)

pendientemente de la adición de bacitracina-Zn. El valor de pH para el Pasto Taiwán ensilado sin aditivo fue elevado (5.21) en relación al observado por Ruiloba y col.^{19,20} de 3.7 y 4.9 con Pasto Elefante Panamá (*Pennisetum purpureum* PI 300-086) de la misma edad y con 19 y 30% de MS respectivamente. Sin embargo, Tosi y col.²⁶ obtuvieron un valor de 5.53 al ensilar Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv Taiwán A-148 sin aditivo, con un contenido de MS de 14.76% y 55 días de edad. En los otros microensilajes, el pH fue afectado significativamente (P < 0.01) por el empleo de azúcares solubles a partir de melaza de caña, disminuyéndose hasta 4.01 en el nivel de 8%. Resultados similares para el pH (3.8) han sido mencionados en ensilajes de Pasto Merkerón (*Pennisetum purpureum*) cuando se aplicó 5% de melaza¹⁸, constatándose así la capacidad de la melaza para inducir ensilajes de bajo pH. Los valores observados estuvieron inversamente relacionados con el contenido de glúcidos solubles de los aditivos empleados y con la producción de ácidos orgánicos en el ensilaje. La adición de azúcares a partir de sorgo en grano

contribuyó en menor grado al descenso del pH.

Los microensilajes con mayor valor de pH, produjeron también una mayor concentración de N-NH₃ (P < 0.01), lo que sugiere una moderada a extensa proteólisis en los tratamientos con sorgo y el control, misma que el antibiótico no pudo evitar.

En el Cuadro 5 se presentan las características fermentativas de los microensilajes evaluados. La fermentación del tratamiento control se caracterizó por una mayor producción de ácido acético en relación a los demás ácidos orgánicos. Esto se debe probablemente a la fermentación heteroláctica ocurrida y a la mayor proporción de fructuosa encontrada en este tipo de pastos²⁶. Cuando la fructuosa es usada como sustrato manitol y acetato ocupan el lugar del etanol formado en la fermentación de glucosa; hay menor producción de ácido a partir de fructuosa que de glucosa y menos ácidos orgánicos son producidos por la fermentación heteroláctica que por la homoláctica³⁵. Además el catabolismo provoca la desaminación del ácido aspártico y del glutámico, así como la oxidación de alanina y glicina,

CUADRO 5. CARACTERISTICAS FERMENTATIVAS (g/100 g de MS) DE LOS ENSILAJES DE PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*, Schum) CV TAIWAN ADICIONADOS CON ADITIVOS.

	BACITRACINA-Zn ppm	FUENTE DE GLUCIDOS				CONTROL
		M E L A Z A		SORGO MOLIDO		
		4%	8%	4%	8%	
Acido acético a,e	0	0.82	1.25	0.96	0.68	2.48
	5	0.77	1.06	1.48	0.88	
Acido propiónico	0	0.05	0.04	0.04	0.07	0.21
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	
Acido butírico b,f	0	1.27	0.82	1.00	0.92	1.04
	5	0.61	0.63	1.36	1.40	
Acido láctico a,b,d	0	3.06	3.60	2.00	1.59	0.00
	5	3.60	3.58	2.71	1.55	
Etanol a,b,c,d	0	1.03	1.53	0.00	0.10	0.00
	5	0.88	1.40	0.13	0.18	

a Control vs todos diferente estadísticamente ($P < 0.01$)

b Sorgo vs Melaza diferente estadísticamente ($P < 0.01$)

c Nivel 4 vs 8% diferente estadísticamente ($P < 0.01$)

d Interacción fuente de glúcidos x nivel diferente estadísticamente ($P < 0.01$)

e Interacción fuente de glúcidos x nivel diferente estadísticamente ($P < 0.05$)

f Interacción fuente de glúcidos x bacitracina-Zn diferente estadísticamente ($P < 0.01$)

contribuyendo a una mayor producción de ácido acético, $N-NH_3$ y CO_2 ¹⁶. No se detectó ácido láctico en ninguna repetición del tratamiento control. Una posibilidad es que al inicio de la fermentación se haya formado este ácido, en una cantidad insuficiente como para disminuir el pH por abajo de 4.0, desarrollándose así, las bacterias clostridiales que lo pudieron utilizar para la producción de ácido butírico³⁴.

La adición de melaza y sorgo molido disminuyó significativamente la producción de acético ($P < 0.01$). No existió diferencia por el uso de determinada fuente o nivel de glúcidos empleados, ni por la adición del antibiótico. Sin embargo, la interacción fuente de glúcidos x nivel fue significativa ($P < 0.05$). En los tratamientos con melaza, la mayor producción de acético se registró en el nivel más elevado, sucediendo lo inverso al usar sorgo molido. La explicación probablemente radique en la proporción de determinadas hexosas (glucosa: fructuo-

sa), pero en este estudio no fueron determinadas. La producción de ácido propiónico fue insignificante en todos los tratamientos sin el antibiótico y totalmente inhibida cuando se empleó éste. La producción de ácido butírico fue afectada ($P < 0.01$) por la fuente de azúcares empleada, registrándose la mayor concentración en los ensilados que incluían sorgo molido. La fuente de glúcidos presentó una interacción con la bacitracina-Zn ($P < 0.01$). Los tratamientos con melaza independientemente del nivel empleado presentaron menores concentraciones de este ácido, cuando se usó bacitracina-Zn, sin embargo la cantidad producida siempre excedió el 0.2% considerado aceptable para un ensilaje bien preservado⁵. Concentraciones mayores han sido observadas¹⁷ con King-grass ensilado sólo (3.68%) o con 4% de melaza (1.34%).

En los ensilados con melaza, aún cuando el pH final fue inferior a 4.3 con características lácticas, también se detectó ácido

butírico, lo que se debe probablemente a la excesiva humedad que poseía el pasto.

La producción de ácido láctico fue afectada significativamente por la fuente de glúcidos empleada. Se encontró además, que la interacción fuente de glúcidos x nivel fue significativa ($P < 0.05$). La adición máxima de melaza al pasto indujo la mayor concentración de ácido láctico, sucediendo lo inverso cuando se empleó sorgo molido.

La producción de etanol fue afectada significativamente ($P < 0.01$) por la fuente y nivel de glúcidos empleados, así como por la interacción fuente x nivel ($P < 0.01$). La mayor producción de etanol detectada en los ensilajes con melaza indica la presencia de levaduras, tal vez en los inicios de la fermentación, ya que estos microorganismos son estimulados por la adición de azúcares fácilmente fermentables; sin embar

go, frenan su desarrollo o bien desaparecen al descender el pH³⁰

Comportamiento de Ovinos Pelibuey en finalización

Los resultados obtenidos después de 63 días de experimentación se presentan en el Cuadro 6. La ganancia diaria promedio de peso fue similar ($P > 0.05$) para los tratamientos estudiados (123, 130 y 132 g para SF, TM y TMB) y bastante satisfactoria para este tipo de animales y dietas. Se han observado comportamientos similares con ovinos de la misma raza, cuando el 50% de la dieta está representada por heno de Jaragua¹⁰. El consumo voluntario de los ensilados y por ende el consumo total de materia seca difirió estadísticamente ($P < 0.05$). Los consumos más altos (660 y 646 g de

CUADRO 6. RESPUESTA DE OVINOS PELIBUEY CONSUMIENDO ENSILAJES DE PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*, Schum) CV TAIWAN (63 DIAS).

	E N S I L A J E S			EEM a
	SORGO FORRAJERO	TAIWAN 8% MELAZA	TAIWAN, 8% MELAZA 5ppm BACITRACINA-Zn	
peso promedio inicial, kg	23.52	23.04	23.04	
Peso promedio final, kg	31.26	31.24	31.38	
Ganancia total, kg	7.74	8.20	8.34	
Ganancia diaria promedio, g	123	130	132	16
Consumo, g/MS/animal/día				
Ensilaje	526 ^b	660 ^c	646 ^c	20
Concentrado	415	415	415	
Total, MS	941 ^b	1075 ^c	1061 ^c	34
Consumo de FDN, g/animal/día				
Ensilaje	335	369	355	26
Conversión alimenticia				
Consumo MS/GDP	77.65	8.27	8.04	1.1

Distintas literales indican diferencia estadística ($P < 0.05$)

a EEM = Error estándar de la media.

MS/animal/día) se registraron para los ensilados de Taiwán con 8% de melaza (TM) y Taiwán con 8% de melaza más 5 ppm de bacitracina-Zn (TMB), siendo similares entre ellos y diferentes al Sorgo forrajero (526 g/animal/día). Esto probablemente se debe a las características químicas y fermentativas de los ensilados empleados, así como a las características intrínsecas de las paredes celulares (Cuadro 7). Wilkins y col.³¹ han observado que el consumo voluntario de ensilados por los ovinos está correlacionado positivamente con el contenido de MS, nitrógeno y ácido láctico como porcentaje de los ácidos totales y negativamente correlacionado con la concentración de ácido acético y de amonio como porcentaje del nitrógeno total; en tanto que Van Soest²⁷ observó una relación negativa alta entre el consumo voluntario y el contenido de paredes celulares del forraje. Tomando en consideración lo anterior, el mejor consumo de los ensilados de Pasto Taiwán, tal vez se deba a su mayor contenido de MS y PC, así como a su menor concentración de ácido acético, de FDNM y de fibra indigestible como se observa más adelante. En cuanto al consumo de FDN (g/animal/día), no se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$). Esto parece indicar que los animales regularon su consumo con base al contenido de paredes celulares en el forraje; lo cual no es sorpren-

dente, dadas las características de selectividad en el consumo que presentan los ovinos (Cuadro 7). Por otra parte, se reconoce que los principales factores que influyen en la depresión del consumo voluntario de los ensilados son su bajo contenido de MS, bajo pH, elevada concentración de amonio y a la baja disponibilidad de la proteína⁸. Sin embargo, no es posible atribuir el efecto a una sola causa en particular, sino que más bien el control del consumo es multifactorial recayendo dicho control en la teoría de aditividad de señales de retroalimentación negativa. La conversión alimenticia fue similar ($P > 0.05$) para los tratamientos estudiados.

Digestión in vitro de las paredes celulares de los ensilados empleados en la prueba de comportamiento

El contenido inicial de las paredes celulares y de la fibra indigestible a las 72 horas, se presenta en el Cuadro 8. El mayor porcentaje de fibra indigestible detectado en el ensilado de sorgo forrajero, posiblemente se debió a su mayor contenido de lignina (9.2 vs 7.6 y 6.9% de TM y TMB) afectándose la extensión de la digestión, ya que tanto ésta como el sílice presentes en los forrajes la limitan^{13,21}. Es probable que también este mayor contenido de lignina y de fibra

CUADRO 7. DETERMINACION DE FRACCIONES DE FIBRA (% BS) EN LOS ENSILAJES EMPLEADOS CON OVINOS PELIBUEY EN FINALIZACION

	SORGO FORRAJERO		TAIWAN, 8% MELAZA		TAIWAN, 8% MELAZA 5 ppm BACITRACINA-Zn	
	OFRECIDO	RECHAZADO	OFRECIDO	RECHAZADO	OFRECIDO	RECHAZADO
Fibra detergente neutro	68.1	77.1	59.6	70.1	58.9	67.9
Fibra detergente ácido	48.3	54.9	41.9	46.7	41.7	46.7
Hemicelulosa	19.9	22.2	17.7	23.4	17.1	21.2
Celulosa	34.0	40.1	29.1	34.4	29.9	34.3
Lignina	9.2	10.9	7.6	9.0	6.9	9.3

CUADRO 8. EVOLUCION DE LA DESAPARICION DE PAREDES CELULARES (FDN) Y FIBRA POTENCIALMENTE DIGESTIBLE (FPD) DE LOS ENSILADOS.

TIEMPO DE INCUBACION h	E N S I L A D O S					
	SORGO FORRAJERO		TAIWAN, 8% MELAZA		TAIWAN, 8% MELAZA 5 ppm BACITRACINA-Zn	
	FDN	FPD	FDN	FPD	FDN	FPD
0	68.1	37.1	59.6	47.7	58.9	45.8
3	67.2	35.7	59.6	47.7	58.2	44.7
6	67.0	35.5	56.7	43.0	57.9	44.1
12	63.3	30.0	51.9	34.9	48.4	28.0
24	53.8	16.0	51.5	34.2	45.2	22.5
36	46.7	5.6	39.2	13.5	39.2	12.4
48	43.9	0.0	32.7	2.6	32.8	1.4
72	*42.9	0.0	*31.1	0.0	*31.9	0.0

* Fibra indigestible

indigestible afectó el consumo voluntario. La tasa de digestión de la fibra de los ensilados (8.4, 7.2 y 7.9% por hora para SF, TM y TMB respectivamente) siguió una cinética de primer orden, a juzgar por la linealidad encontrada. Las paredes celulares del ensilado de SF mostraron una tasa de digestión numéricamente más rápida. Esto podría indicar que la tasa de digestión es más afectada por las características intrínsecas de la pared celular de cada forraje, mientras que la extensión de la digestión se limita por el contenido de lignina. El tiempo de retraso o fase "lag" fue de 11.62, 13.41 y 11.7 h para SF, TM y TMB. Los factores que afectan esta fase de retraso aún no son bien definidos; sin embargo, Mertens¹³ señala que cuando este retraso se relaciona al sustrato, puede ser debida a la hidratación o alteración física o química de la fibra antes de que el ataque microbiano o la acción enzimática pueda ocurrir.

CONCLUSIONES

Debido al pobre contenido de azúcares solubles y de materia seca no fue posible preservar el pasto por sí solo. La fuente de glúcidos que mejor efecto ejerció para promover una fermentación de tipo láctico y por lo tanto una mejor preservación del pasto, fue la melaza de caña. El efecto combinado de melaza y bacitracina-Zn disminuyó ligeramente la producción de ácido butírico. La adición de bacitracina-Zn tuvo poco o nulo efecto sobre la calidad y tipo de fermentación del pasto, aún cuando inhibió por completo la producción de ácido propiónico.

Con la utilización parcial del ensilado de Pasto Taiwán adicionado con melaza, es posible obtener niveles de producción satisfactorios, cuando se alimentan ovinos en finalización, observándose buenos consumos, que son el resultado de un bajo contenido de fibra indigestible en relación al SF,

y una adecuada tasa de digestión de la fracción de paredes celulares que son potencialmente digestibles.

SUMMARY

Three experiments were conducted at "La Posta", Experimental Station, Paso del Toro, Ver., México, to study the effects of adding a source of carbohydrates (molasses vs sorghum) at two levels (4 vs 8%) and Zinc bacitracin (0 vs 5 ppm) on ensiling characteristics of Elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum) vs Taiwan. In the first trial, a 2 x 2 x 2 + 1 control factorial arrangement was used. pH, dry matter (DM), ethanol, acetate and lactate were affected ($P < 0.01$) by the level and source of carbohydrates. The control had more acetic acid and the addition of molasses or sorghum decreased its level ($P < 0.01$). The butyric acid concentration was higher ($P < 0.01$) in the sorghum and control treatments. Lactic acid (3.6%) was greater ($P < 0.01$) when 8% carbohydrates from molasses were used. The source of carbohydrates x level interaction was statistically significant ($P < 0.01$) for DM, crude protein, ethanol, acetate and lactate, with better effects due to molasses. The source x Zinc-bacitracin interaction decreased the butyric concentration only in the molasses treatments. In the second trial, with fattening Pelibuey rams, a completely randomized design was used to evaluate three silages: Sorghum forage (SF) as the control, Taiwan + 8% molasses (TM) and Taiwan + 8% molasses + 5 ppm zinc-bacitracin (TMB). The weight gains (123, 130 and 132 g/animal/day for SF, TM and TMB, respectively) were similar ($P > 0.05$). The voluntary intake was higher ($P > 0.05$) for TM and TMB (660 and 646 g DM/animal/day vs 526 g with SF, respectively). In the third trial, the in vitro rate of digestion of the silages used in the 2nd trial was determined. The indigestible fiber content was 42.9, 31.1 and 31.9%, while the kd of the potentially digestible fiber was 7.2, 7.9 and 8.4% hr^{-1} for SF, TM and TMB, respectively.

LITERATURA CITADA

- BORES Q, R. RIVAS P, F. y CASTELLANOS R, A. 1986. Características del ensilaje de pasto taiwán adicionando diversas fuentes de nitrógeno. *Téc. Pec. Méx.* 50:160.
- CATCHPOOLE V, R. 1966. Laboratory silage of *Setaria sphacelata* (Nandi) with molasses. *Aust. J. Agric. Res.* 15:511.
- CATCHPOOLE V, R. and WILLIAMS T, W. 1969. The general pattern in silage fermentation in two subtropical grasses. *J. Br. Grassld. Soc.* 24:317.
- CATCHPOOLE V, R. 1970. The silage fermentation of some tropical pasture plants. *Proc. 11th. Int. grassld. Congr., Surfers. Paradise*, p. 891.
- CATCHPOOLE V, R. and HENZELL F, E. 1971. Silage and silage making from tropical herbage species. *Herbage Abstracts*, 41 (3): 213.
- CROWDER V, L. and CHEDDA R, H. 1982. *Tropical Grassland husbandry*. 1st. Ed. Logman Inc. New York, U.S.A. p. 321.
- DUBOIS M, GILLES K, A. HAMILTON J, K. REBARS P, A. and SMITH. 1959. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:350.
- FORBES J, M. 1986. *The Voluntary Food Intake of Farm Animals*. Butterworth and Co. Ltd. London p. 143.
- GARCIA E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. Cap. 5.
- GOMEZ A, R. HERNANDEZ G, J. y CASTELLANOS R, A. 1982. Evaluación del crecimiento del borrego Pelibuey alimentado con niveles crecientes de energía en la dieta. *Téc. Pec. Méx.* 42:65.
- HERNANDEZ L, A. 1979. *Bioquímica Experimental*. Ed. Limusa. 1a Edición. México, D.F. p.45.
- McCARRICK R, B. 1969. A Comparison of 7 additives used in ensiling high-moisture grass/clover pastures. *J. Br. Grassld. Soc.* 24:25.
- MERTENS D, R. 1977. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Fed. Proc.* 36:187.
- MILLER T, B. 1969. Forage conservation in the tropics. *J. Br. Grassld. Soc.* 24:158.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1985. *Nutrient Requirements of Sheep*. Sixth Ed. National Academy Press. Washington, D.C., USA. p.47.
- OHSHIMA, M. and Mc DONALD, P. 1978. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *J. Sci. Fd. Agr.* 29:497.
- OJEDA F. y CACERES O. 1984. Efecto de los aditivos químicos sobre el consumo y la digestibilidad de los ensilajes de King Grass. *Pastos y Forajes*. 7:409.
- ORTIZ O, G. 1988. Manipulación de la fermentación en forrajes tropicales. Pasto Merkerón (*Pennisetum purpureum*) Tesis de Maestro en Ciencias. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, México, D.F. p.61.
- RUILOBA F, E. RUIZ M, E. y RUILOBA M, H. 1980. Adiciones de melaza y urea en ensilajes de Pasto Elefante Panamá (*Pennisetum purpureum* PI 300-086). *Cienc. Agropec.* 3:95.

20. RUILOBA F, E. RUIZ M, E. RUILOBA M, H y GUERRA H. 1980. Producción de leche con ensilaje de Pasto Elefante Panamá (*Pennisetum purpureum* Pl 300-086). *Cienc. Agropec.* 3:105.
21. SMITH L, W. GOERING H,H. WALDO D, R. and GORDON C, H. 1971. In vitro digestion rate of forage cell wall components. *J. Dairy Sci.* 54:71.
22. STEEL D,G,R. and TORRIE H, J. 1980 Principles and Procedures of Statistics. Second Ed. *McGraw Hill Book Co.* N.Y. USA.
23. TASAKI I. SHIBATA and KIKUCHI M. 1970. Effect of antibiotics and antibiotic-resistance lactic acid bacteria on quality of high moisture silage. *Proc. 11th Int. Grassld. Congr., Surfers Paradise.* p. 894.
24. TEJADA DE H, I. 1983. Manual de Laboratorio para el Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México.
25. TILLEY J, M. and TERRY L, A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Brit. Grassld. Soc.* 18:105.
26. TOSI H. DeFARIA V, P. GUTIERREZ L, E. y SILVEIRA A, C. 1983. Avaliaco do capim-elefante, cultivar Taiwan A-143 como planta para ensilagem. *Pesq. Agrop. Bras., Brasilia.* 18(3):295.
27. VAN SOEST P,J. 1965. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24:834.
28. VAN SOEST P, J. and WINE R, H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. *J. Assoc. Official Anal. Chem.* 50:50.
29. WALDO D, R. SMITH L, W. and COX E, L. 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. *J. Dairy Sci.* 55:125.
30. WEISE F. 1967. Characteristic differences in the development of the silage flora in direct cut and pre-wilted silage. *Tazungsberichte der Deutschen Akademie fur Landwirtschafts-Wissenschaften zu Berlin Nr.* 92:93.
31. WILKINS R, J. HUTCHINSON K, J. WILSON R, F. and HARRIS C, E. 1971. The voluntary intake of silage by sheep. I. Interrelationships between silage composition and intake. *J. Agric. Sci. Camb.* 77:531.
32. WINER B, J. 1971. Statistical Principles in Experimental Design. 2nd. Ed. *McGraw Hill,* New York, U.S.A.
33. WOOLFORD M, K. 1972. Some aspects of the microbiology and biochemistry of silage making. *Herbage Abstracts.* 42(2):105.
34. WOOLFORD M, K. 1984. The Silage Fermentation. Ed. *Marcel Dekker, INC.* New York, U.S.A. p. 107.
35. WOOLFORD M, K. 1985. The Silage Fermentation. In: *Microbiology of fermented foods. Vol 2.* Ed. Brian J. B. Wood. Elsevier Applied Science Ltd. London and New York, p. 95.