

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE GANADERIA TROPICAL

EVALUACION DE ENSILAJES DE PASTO PANAMA (Saccharum
sinense) PARA LA ALIMENTACION DE VACAS DE DOBLE
PROPOSITO

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR — CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae

ALBERTO HUGO MORENO

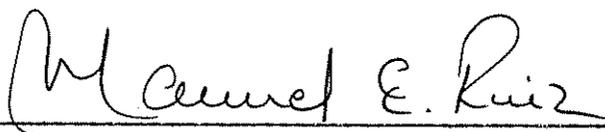
Turrialba, Costa Rica

1977

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE, como requisito parcial para optar al grado de

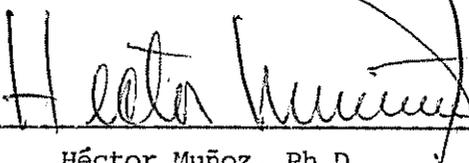
Magister Scientiae

JURADO:



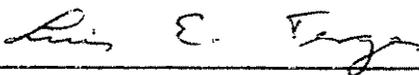
Consejero

Manuel E. Ruíz, Ph.D.



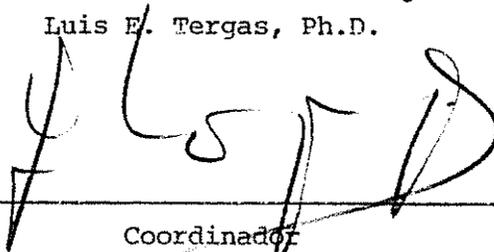
Comité

Héctor Muñoz, Ph.D.



Comité

Luis E. Tergas, Ph.D.



Coordinador

Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

iii

DEDICATORIA

A mi esposa

A mis padres

A mis hermanos

A mis amigos

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento:

Al Dr. Manuel E. Ruíz, Profesor Consejero, por su valiosa orientación y dirección en el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Héctor Muñoz, por su apoyo y estímulo.

Al Dr. Luis E. Tergas, por su colaboración en la realización del trabajo de campo.

Al Gobierno de Holanda y al IICA-Zona Sur, por el apoyo económico brindado.

Al Banco Nacional de Panamá, que posibilitó la ejecución de este trabajo en la República de Panamá.

A los técnicos del Banco Nacional de Panamá, Dr. Alejandro Rodríguez y Agrónomos Enrique Fábrega y Eric Ríos, por su colaboración en los trabajos de campo.

A la Compañía Panameña de Alimentos, en la persona de su Gerente, Sr. Edmund R. Borgeaud y a los técnicos de la misma, Ing. Heraclio Quirós, Sr. Eric Domínguez e Ing. Jacob Moser, por las facilidades y colaboración prestadas en la etapa final del trabajo.

Al Director del Instituto Nacional Agropecuario (INA), Teniente e Ing. José María Chaverry y a los técnicos del Departamento de Zootecnia, Dr. Víctor Cheng, Ing. Juan Sekulovic y Agrónomos Alfonso Guevara y Erudiades Broce, por la colaboración prestada.

A los ganaderos señores Neomicio García y Didio Carrizo, por la inestimable colaboración ofrecida.

A todas aquellas personas que de una u otra forma participaron en la realización de este trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en la Provincia de Tucumán, Argentina.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán, graduándose de Ingeniero Zootecnista en 1971.

En Marzo de 1975 ingresó en el Departamento de Ganadería Tropical del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), donde obtuvo el título de *Magister Scientiae* en agosto de 1977.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Consideraciones generales	3
2.2 Patrones de valoración para ensilajes	3
2.3 El ensilaje de forrajes tropicales	4
2.4 Ensilajes a nivel de microsilos	6
2.5 Ensilajes a nivel de campo	6
2.6 Efecto de la melaza y urea como aditivos	7
2.7 Efecto del marchitamiento sobre el valor nutritivo, digestibilidad y consumo de ensilajes	10
2.8 Consumo y producción lechera en base a ensilajes ...	12
3. MATERIALES Y METODOS	15
3.1 Localización del experimento	15
3.2 Microsilos	15
3.2.1 Plan de muestreo	16
3.2.2 Determinaciones de laboratorio	17
3.2.3 Tratamientos y diseño experimental	17
3.2.4 Análisis de la información	18
3.3 Silos de campo ,	20
3.3.1 Controles, muestreo y análisis	22
3.3.2 Descripción de tratamientos en los silos de campo ,	23
3.4 Pruebas de comportamiento y descripción de tratamientos	23
3.4.1 Características de las pruebas	25
3.4.1.1 Manejo del forraje	27
3.4.1.2 Manejo de los animales	27
3.4.2 Parámetros a medirse	27
3.4.3 Análisis económico	28
4. RESULTADOS Y DISCUSION	29
4.1 Microsilos	29

	<u>Página</u>
4.1.1 Caracterización organoléptica	29
4.1.2 pH	29
4.1.3 Acidos orgánicos	29
4.1.4 Contenido de proteína cruda	38
4.1.5 Contenido y pérdidas de nitrógeno amoniacal..	40
4.1.6 Materia seca	45
4.1.7 Digestibilidad de la materia seca (DMS)	49
4.1.8 Otros parámetros	53
4.2 Ensilajes de campo	53
4.2.1 Caracterizaciones físicas	53
4.2.2 Caracterización química	55
4.2.3 Correlaciones entre ensilajes de campo y laboratorio	57
4.2.4 Recuperación de MS y PC en los ensilajes de campo	58
4.3 Pruebas de comportamiento animal	61
4.3.1 Cantidad y calidad de leche producida	64
4.4 Análisis económico	66
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
6. RESUMEN	80
6a. SUMMARY	83
7. LITERATURA CITADA	86
8. APENDICE	93

LISTA DE CUADROS

TEXTO

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Niveles de urea y melaza empleados en el arreglo factorial 6 x 6	17
2	Características y rendimientos de los cultivos utilizados	21
3	Composición y digestibilidad <i>in vitro</i> de los forrajes verdes utilizados en los silos de campo	21
4	Cantidades totales de forraje y aditivos utilizados en los silos de campo	24
5	Descripción de los tratamientos y localización de los silos experimentales	25
6	Características de manejo de los animales	26
7	Composición del forraje verde y de los ensilajes utilizados en las pruebas de consumo	56
8	Correlaciones para los parámetros químicos y de digestibilidad, entre los ensilajes de campo y laboratorio	57
9	Relaciones entre MS y PC ensilada y recuperada	59
10	Comportamiento animal durante las pruebas de consumo	62
11	Consumo observado de MS y PC en relación con los requerimientos de los animales, según lo establecido por NRC	64
12	Cantidad y calidad de la leche vendible producida durante las pruebas de consumo	65
13	Análisis económico de los silos	68
14	Costos del forraje ensilado y de los ensilajes..	69
15	Relaciones de costo entre ensilajes consumidos y leche producida	71

APENDICE

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1A	Características químicas del pasto Panamá	94
2A	Caracterización química de la melaza	94
3A	Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de cenizas totales de los ensilajes de laboratorio	95
4A	Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de extracto etéreo de los ensilajes de laboratorio	95
5A	Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de pared celular de los ensilajes de laboratorio	96
6A	Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de contenido celular ² de los ensilajes de laboratorio	96
7A	Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de proteína de la pared celular de los ensilajes de labora- torio	97
8A	Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de cenizas de la pared celular de los ensilajes de laboratorio	97
9A	Temperaturas de fermentación de los silos de campo y temperaturas ambientales, °C	98

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
1	Efecto del nivel de urea y melaza sobre los valores de pH de los ensilajes	30
2	Efecto del nivel de urea sobre el porcentaje de ácido láctico	33
3	Efecto del nivel de urea sobre el porcentaje de ácido acético	35
4	Efecto del nivel de urea sobre el porcentaje de ácido butírico	37
5	Efecto de la urea y de la melaza sobre el contenido de proteína cruda (N x 6,25)	39
6	Efecto del nivel de urea sobre el porcentaje de nitrógeno amoniacal	42
7	Porcentaje de materia seca según el nivel de urea y melaza	47
8	Efecto del nivel de urea sobre la digestibilidad de la MS	50
9	Efecto del nivel de melaza sobre la digestibilidad de la MS	52
10	Efecto del nivel de urea (X_1) en relación al porcentaje de pérdidas de proteína cruda (N x 6,25) de los ensilajes	44
11	Efecto del nivel de melaza en relación al porcentaje de pérdidas de proteína cruda (N x 6,25) de los ensilajes	46

1. INTRODUCCION

El King grass o pasto Panamá (*Saccharum sinense*), es una gramínea de corte que se está promoviendo en la República de Panamá, para ser utilizada durante la época seca. La producción de materia seca por unidad de área es elevada y presenta el inconveniente de su abundante disponibilidad en épocas del año en que existen forrajes de pastoreo directo. Su ensilaje, representa una alternativa de manejo al diferirse su uso para la época seca y permitir obtener un nuevo corte de la pastura. Las técnicas convencionales de ensilaje no son necesariamente adecuadas para forrajes tropicales y se desconoce en la actualidad el comportamiento del pasto Panamá conservado en silos. Consecuentemente, la evaluación integral de los ensilajes en sus aspectos organolépticos, químicos, biológicos y económicos, proveerán la información básica necesaria a fin de predecir su comportamiento y poder diseñar sistemas de alimentación en verano, superiores a los que actualmente emplea el productor en el trópico húmedo-seco.

Con estos fines, se realizaron silos de campo y de laboratorio y pruebas de consumo con vacas de doble propósito, con los siguientes objetivos:

1. Evaluar cualitativa y cuantitativamente ensilajes de pasto Panamá obtenidos en condiciones de campo y de laboratorio, en función de distintas proporciones de melaza y urea como aditivos.
2. Determinar correlaciones entre los ensilajes de campo y de laboratorio, desde el punto de vista cualitativo.
3. Estimar el consumo de ensilajes por vacas en producción bajo

manejo propio de explotaciones comerciales de la región central de Panamá.

4. Evaluar económicamente el valor del ensilaje de pasto Panamá como base de la alimentación del ganado de doble propósito en la época seca.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Consideraciones generales

Existen escasos antecedentes sobre el ensilaje del pasto Panamá por lo que la presente revisión contendrá aspectos relacionados con el ensilaje de gramíneas en general, el efecto de la melaza y urea como aditivos, el efecto del marchitamiento y las respuestas en digestibilidad, consumo y producciones con forrajes ensilados.

El *Saccharum sinense* (King grass, pasto Panamá o caña japonesa), se cultiva en China y Japón (58). Es una especie perenne de mayor rusticidad que las variedades industriales de *Saccharum*. Se adapta bien en suelos pobres con bajas precipitaciones (58). Pruebas realizadas en Panamá indican producciones de 31,17 ton/ha de materia seca (MS) durante 18 meses y en 9 cortes; estas producciones se obtuvieron sin fertilización y presentaron contenidos promedios de proteína cruda de 8,86 por ciento (58). También en Panamá, ensilajes de *Saccharum sinense* maduro y con la adición aproximada de 4 por ciento de melaza y de 1 por ciento de urea (en base a la materia fresca), presentaban un contenido del 30,25 por ciento de MS y 9,75 por ciento de proteína cruda (67).

Se menciona en otro trabajo (53), contenidos en material fresco de 9,5 por ciento de azúcares solubles, que permiten predecir un buen comportamiento como forraje ensilable.

2.2 Patrones de valoración para ensilajes

Aunque los valores determinativos de la calidad de ensilajes se han obtenido con forrajes de climas templados, estos deben tenerse presentes como punto de referencia en las evaluaciones de ensilajes de forrajes

tropicales. Son importantes de considerar algunos aspectos generales como el momento fisiológico más apropiado para efectuar el corte, especialmente en el caso de las gramíneas, dadas sus características morfológicas (52, 58).

El tamaño del corte influye sobre las características fermentativas pues a medida que el corte es más fino, mayor cantidad de jugo se liberará (22, 23). Consecuentemente, la digestibilidad y el consumo también serán afectados; por ejemplo, con cortes de 0,5 a 1,5 cm se obtiene un consumo del 8 por ciento superior al obtenido con un corte de 10 a 25 cm (22, 23). Sin embargo, trabajos realizados con caña de azúcar (48), indican que cuando el tamaño del corte no excede los 20 mm, el picado solo influye en la compactación sin incidir sobre la digestibilidad ni el consumo.

La concentración de nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$) y ácido butírico, son los parámetros que reflejan la descomposición aeróbica. La concentración de $N-NH_3$ debe ser menor del 11 por ciento del total de N y la de butírico menor del 0,2 por ciento (11). Existen otros patrones químicos como el pH que debe ser menor a 4,2 (4, 11, 41); los carbohidratos solubles en el forraje verde deben exceder el 10 por ciento de la MS (68); el ácido láctico debe estar entre 3 y 13 por ciento de la MS, constituyendo un porcentaje mayor que la suma de los restantes ácidos (1, 11, 18, 41, 56).

2.3 El ensilaje de forrajes tropicales

Dado que no existen patrones de evaluación ni calificaciones fermentativas para forrajes tropicales, es difícil efectuar una distinción neta entre ensilajes tropicales y templados (1, 11).

Los pastos tropicales son estructuralmente más permeables y menos densos que los de regiones templadas. Esta baja densidad afecta negativamente la exclusión de aire y produce mayores pérdidas por oxidaciones durante su utilización (11, 44). Cabe citarse, por ejemplo, que para *Digitaria decumbens* y *Penisetum purpureum* los valores de densidad son 480 y 610 kg/m³ a 90 cm de profundidad, respectivamente (11). En cambio, investigaciones sobre ensilajes en regiones templadas citan densidades de 670 kg/m³ en EE.UU. (11) y entre 520 y 920 kg/m³ para ensilajes de pasturas a nivel de campo en Inglaterra (11). Las leguminosas y pasturas de estos climas indican densidades entre 800 y 1100 kg/m³ (4).

Los bajos contenidos de MS de los pastos tropicales, alteran las fermentaciones naturales, ya que la actividad del agua aumenta a medida que disminuye la concentración de sólidos. Consecuentemente, es conveniente ensilar forrajes con contenidos aproximados al 30 por ciento de MS (11, 17, 34, 37, 44). Como ilustración de este punto, se ha encontrado que ensilajes de *Cloris gayana* con contenidos del 26 al 27 por ciento de MS resultan con concentraciones de ácido butírico entre el 0,2 y 0,5 por ciento en base seca (15).

En contraste, en ensilajes de *Cynodon dactylon* con 66 por ciento de MS se determinaron concentraciones del 0,02 por ciento de ácido butírico en base seca y 5,5 por ciento de N-NH₃ en relación al N total (46).

Las especies tropicales en general contienen menos carbohidratos solubles que las especies de zonas templadas, no alcanzando el límite inferior de las necesidades de azúcares para un buen ensilaje, el cual se estima en 10 por ciento de la MS. Algunos autores consideran que el valor óptimo de azúcares está entre 13 y 16 por ciento de la MS(11). Se ha determinado en ensilajes de *Setaria esphacelata* solo 4,5 a 6,1 por

ciento de carbohidratos solubles; para *Chloris gayana*, 3 a 3,5 por ciento y para *Paspalum dilatatum*, 2,7 a 3,4 por ciento (11). Estos bajos niveles de carbohidratos solubles no favorecería una buena producción de ácido láctico. Como corolario de esta situación, la concentración de ácido acético sería el factor principal que regula la acidez en los ensilajes de especies tropicales y que no solamente el ácido láctico es eficiente en promover la estabilidad del silaje (1).

2.4 Ensilajes a nivel de microsilos

Se consideran válidas para los fines experimentales los ensilajes en pequeños volúmenes denominados silos de laboratorio o microsilos (4, 37, 49). Las alteraciones químico-biológicas de los ensilajes no dependen del volumen ni de la forma de los silos. De esta manera, el trabajar con pequeños volúmenes facilita la ejecución de un número elevado de tratamientos, muestreos, controles de presión y temperatura, recolección de gases y efluentes y cierre hermético de los mismos (49).

Una gran variedad de recipientes y capacidad, han sido utilizados como silos de laboratorio, barriles metálicos con recolección de efluentes (38), tubos de concreto con aislamiento, compactación regulada y recolector de efluentes (49), bolsas plásticas de diferentes dimensiones sin y con vacío (12, 24, 28, 53, 73) y tubos de polyvinilo (22, 29, 39). La capacidad y características de los microsilos depende de los objetivos de las investigaciones.

2.5 Ensilajes a nivel de campo

Los resultados obtenidos de investigaciones en microsilos no son totalmente extrapolables a las condiciones de campo (4), ni están

establecidas las diferencias cualitativas entre silajes de laboratorio y de campo, aunque algunas investigaciones indiquen altas correlaciones entre los parámetros químicos de ambos.

Para los fines de experimentación, se consideran silos de campo a aquellos desarrollados bajo las condiciones climáticas naturales sin considerar la forma ni la capacidad de ellos. Según los fines, se utilizan silos aéreos de 1 TM de capacidad (31, 42), silos metálicos (31), de concreto (14, 33), subterráneos circulares (5) y hasta silos trinchera de 100 TM de capacidad (49).

2.6 Efecto de la melaza y urea como aditivos

La calidad de los forrajes ensilados es función de las diferencias naturales entre las especies y variedades, nivel de fertilización, época de corte, tipo de silo y tamaño del corte (18, 23, 63, 68, 70). Parece ser concluyente que el agregar aditivos a los forrajes para favorecer el proceso fermentativo o la reducción de la aerobiosis, son medidas que mejoran el valor nutritivo y el consumo voluntario (4, 20, 26, 62, 70, 71). Además, el bajo valor nutritivo de los pastos tropicales, determina aún más la necesidad de incluir a los aditivos dentro de los sistemas de conservación como ensilajes (11).

La urea agregada sola a ensilajes de gramíneas en proporciones superiores al 1 por ciento de la materia fresca, parece tener acción detrimental sobre el valor nutritivo (41, 64, 70). Escriba (25) adicionó 0,5 por ciento de urea a un ensilaje de maíz para analizar su valor nutritivo y digestibilidad con ovinos, observando un incremento de la digestibilidad aparente de la proteína cruda en un 26,9 por ciento mayor con respecto a la del maíz ensilado sin urea. Obviamente, la menor eficiencia de utilización de N no proteico, comparado con N proteico, no se puede evaluar con

determinaciones de digestibilidad aparente, según lo demuestran los resultados de Ruíz (64). El método de evaluación de la utilización del N debe ser midiendo el grado de retención de N. Por ejemplo, en un experimento sobre ensilaje de maíz, con el 24 por ciento de MS y el 9 por ciento de PC, se adicionó urea en proporciones crecientes y se determinó que ocurría una menor eficiencia de retención del N cuando mayor era la cantidad de urea adicionada (45).

Shirley et al. (65) investigaron el agregado de urea en niveles del 0; 0,5 y 0,75 por ciento a ensilajes de maíz con 40 por ciento de MS en promedio. Los autores observaron que las proporciones de los ácidos láctico, propiónico y butírico se incrementaron al elevarse los niveles de urea. La producción de ácido acético fue mayor al nivel del 0,75. Entre el 65 al 73 por ciento del N de la urea se transformó a otros compuestos, especialmente amoniaco. En oposición a los resultados obtenidos por estos autores en relación a la formación de ácidos, López et al. (41) determinaron que las concentraciones de los ácidos láctico, acético y propiónico, fueron menores al agregar urea desde 0 hasta 1 por ciento a ensilajes de maíz con 25,6; 30,4 y 52,0 por ciento de MS.

Devuyt et al. (20) estudiaron el comportamiento de leguminosas para analizar los cambios de composición de ácidos agregando glucosa, almidón, ácidos minerales y urea. Determinaron que con un nivel del 2 por ciento de urea se produce una fuerte destrucción de aminoácidos, aumentándose las pérdidas protéicas. Agregan los autores que la urea no es utilizada en la síntesis bacteriana y que cuando se incorpora ésta a ensilajes, el pH deja de ser un indicador de la calidad debido a la formación de NH_3 . La acción tampón de la urea es atribuible a la degradación en NH_4^+ (65). La urea por sí misma es una base débil ($K_b = 1,5 \times 10^{-14}$ a 25°C).

En referencia al uso de melaza como proveedora de carbohidratos fermentecibles, es necesario su uso con las especies tropicales ensilables considerando los bajos contenidos en azúcares de éstos (11, 68, 70). Parece ser necesario excederse en las proporciones normalmente utilizadas en las regiones templadas (0,5 a 2,5 % sobre base fresca), para producir niveles adecuados de ácido láctico. Así *Chloris gayana* y *Setaria esphacelata* ensilados con el 8 por ciento de melaza, produjeron ensilajes con concentraciones de ácido láctico del 6 y 9 por ciento de la MS respectivamente. En ambos ensilajes se obtuvo un pH de 3,8 y contenidos de N-NH₃ del 12 y 5 por ciento respectivamente (11).

Benacchio (8) determinó que al aumentar el nivel de melaza desde 0 hasta 2 por ciento en ensilajes de *Sorghum vulgare*, disminuían las pérdidas relativas de NDT desde 22,8 por ciento en la ausencia de melaza, hasta 13,3 por ciento para el nivel más alto de melaza. Comparando los niveles 0 y 2 por ciento de melaza, hubieron diferencias a favor del más alto nivel en los contenidos de ácido láctico y N-NH₃.

Frontera et al. (26) estudiaron el efecto de tres tratamientos a ensilajes de sorgo forrajero: a) melaza al 2 por ciento; b) urea al 1 por ciento; y c) melaza al 2 por ciento con urea al 2 por ciento. El ensilaje al cual se adicionó melaza y urea presentó mayores incrementos en MS, proteína cruda, extracto etéreo y extracto no nitrogenado. Se señaló en este trabajo al tratamiento con urea sola como el de menor valor.

En ensilajes de caña de azúcar integral sin aditivos se producen fermentaciones con conversión de azúcares al alcoholes y ninguna producción de proteína microbial (60).

Catchpoole (10), ensilando *Setaria esphacelata* (Nandi) con MS de 22, 25 y 26 por ciento y con el agregado de melaza a niveles del 0, 1,

2 y 4 por ciento, observó que a medida que aumenta el nivel de melaza se incrementa la concentración de ácido láctico y disminuye la concentración de ácido acético y el nivel de pH. Además, aumentaron las pérdidas netas de MS y N.

Aparentemente, la melaza agregada a ensilajes de gramíneas aumenta la digestibilidad de la MS y mejora el rendimiento de leche y grasa (66).

2.7 Efecto del marchitamiento sobre el valor nutritivo, digestibilidad y consumo de ensilajes

La reducción de humedad en una cosecha por ensilarse, disminuye el volumen del forraje para una misma cantidad de MS facilitando el trabajo. Además, se reduce la actividad del agua en el ambiente fermentativo y se evitan mayores pérdidas de MS con los efluentes (11, 44, 63). Se ha determinado que la estabilidad de los ensilajes de material marchito se debe a los efectos inhibitorios de una baja actividad del agua sobre el crecimiento de clostridios. En general, se restringe la actividad fermentativa con menor concentración de productos derivados de la misma (70).

El forraje marchitado debe ensilarse dentro de las 24 horas de cortado ya que bajo estas condiciones solamente se pierden entre el 1 y 2 por ciento de la MS (44). Este marchitamiento incrementa la concentración de azúcares y produce silajes con pH más elevados, reduciéndose el porcentaje de ácidos (11, 66, 70).

Catchpoole y Henzell (11), mencionan como desventajas del marchitamiento la necesidad de mayores operaciones de campo, mayor rapidez necesaria en el llenado del silo y necesidad de buenas condiciones climáticas.

El consumo es mayor cuando se ha marchitado el forraje (17, 35, 70). Pareciera que disminuyen los factores del ensilaje que limitan el consumo voluntario a medida que aumenta la MS, pudiendo obtenerse con ensilajes marchitos consumos similares al heno (70). Contrariamente, Logan y Haydon (39), en una prueba de alimentación con vacas con ensilajes de leguminosas, con el 22 y 37 por ciento de MS, observaron que el consumo era inversamente proporcional al contenido de MS.

La digestibilidad de los forrajes marchitos está determinada por las características del pasto utilizado, las condiciones climáticas en que se desarrolló el proceso y las características de la fermentación, aunque la magnitud de los efectos de estos factores es en general, baja (71). Sin embargo, los resultados obtenidos por distintos investigadores son contradictorios (70). Algunos consideran que la digestibilidad disminuye cuando se aumenta la MS (17, 18, 19, 35); otros consideran que se incrementa (36) mientras que también se dispone de resultados que muestran que el marchitamiento no tiene efecto significativo sobre la digestibilidad (27, 30).

También se han encontrado contradicciones en las relaciones entre digestibilidad y consumo. Así, Demarquilly (18), trabajando con gramíneas con niveles de MS entre el 15,5 y 28,4 por ciento, obtuvo incrementos del contenido de azúcares y del consumo a medida que aumentaba la MS. Estos consumos estuvieron entre el 41,4 y 75,0 g de MS/kg $W^{0,75}$ (peso metabólico). Sin embargo, este autor menciona que a medida que aumentaba la MS disminuía la digestibilidad. Jackson y Forbes (35), obtuvieron resultados similares cuando al aumentar la MS de ensilajes desde el 19,0 hasta el 43,2 por ciento disminuyó la digestibilidad aunque se incrementaba el

consumo de MS y de energía metabolizable. En contraposición a éstos, Johnson y McClure (36), trabajando con ensilajes de maíz a distintos estados de madurez, encontraron que aumentaba la digestibilidad de la MS y de la materia orgánica, cuando se incrementaba el tenor de MS.

Raymond (63) comenta que no debe aceptarse fácilmente para forrajes ensilados, una relación íntima entre digestibilidad y consumo voluntario.

2.8 Consumo y producción lechera en base a ensilajes

El mejor indicador del valor nutritivo de un forraje lo constituye la producción animal, correspondiendo esta respuesta al alimento consumido y la proporción en la cual éste es digerido y metabolizado.

El consumo de forrajes ensilados es 20 a 40 por ciento menor que el que se obtiene con los mismos forrajes en estado fresco o desecados (11, 18, 19, 22, 30, 35). La explicación de este fenómeno no puede atribuirse a un solo factor determinado (70). Una causa es que la capacidad digestiva de la flora microbiana es más eficiente cuando el animal consume forraje verde que cuando el animal consume ensilajes (9, 21).

Entre otros factores que determinan un menor consumo del forraje ensilado se pueden mencionar la baja retención del N de ensilajes; la formación de ácidos, especialmente el ácido láctico, que reduce el consumo en forma inversamente proporcional a su concentración. El consumo también se ve afectado por la formación de pequeñas cantidades de productos tóxicos resultantes de la fermentación (70). Respecto al bajo consumo se ha propuesto que en dietas de caña de azúcar, éstas están limitadas por la baja disponibilidad de aminoácidos para la síntesis proteica y la glucogénesis, y del ácido propiónico para la síntesis de glucosa. Agregan

los autores que el azufre faltante en este forraje, podría limitar el crecimiento microbial (2).

La alimentación con caña fresca, ensilada sin aditivos o con NH_3 se caracteriza por bajos consumos (1,48; 1,88 y 1,40 kg MS/100 kg de peso vivo respectivamente) y por consiguiente se obtienen bajas ganancias de peso (0,036; 0,010 y 0,077 kg/día, respectivamente). Estos resultados se obtuvieron con suplementaciones de melaza y urea a niveles isonitrogenados (2).

Existen antecedentes sobre distintos grados de reducción de consumo para distintas especies vegetales ensiladas vs. su presentación en fresco o en forma desecada. Para girasol ocurre una disminución del 28,1 por ciento (19); para timothy S-48 el consumo se reduce en un 42,9 por ciento (30); para gramíneas de praderas naturales se determinaron reducciones del 33,8 por ciento (18) y 33,5 por ciento (22). Campling (9) obtuvo el 28 por ciento más de consumo con henos que con ensilajes. Estas cuantificaciones corresponden a zonas templadas y no se sabe en que magnitud se aplican a las especies tropicales (11). Sin embargo, se conoce que el consumo de ensilaje de *Cynodon dactylon* con 4 por ciento de maíz por vacas lecheras es de 1,5 y 1,6 kg de MS/100 kg de peso vivo por día (11). Estos ensilajes produjeron un promedio de 19,6 kg de leche corregida al 4 por ciento de grasa cuando el ensilaje constituyó aproximadamente el 40 por ciento del total de nutrientes digestibles requeridos.

En una prueba se suministraron ensilajes con 0; 0,5 y 0,75 por ciento de urea a vacas en producción, a un nivel del 10 por ciento de sus requerimientos. Los máximos consumos de MS lo obtuvieron los animales alimentados con ensilajes de 0 y 0,75 por ciento de urea sin que

la producción de leche fuera afectada por los niveles de urea. Las vacas con 0,5 dieron más grasa y el nivel 0 por ciento indujo mayores ganancias de peso corporal que el de 0,75 por ciento de urea. No hubieron diferencias significativas entre índices de consumo ni digestibilidad de los ensilajes (59).

Murdoch (52), comparó ensilajes de forrajes en distintos estados de madurez determinando la producción, grasa y sólidos no grasos de la leche. Cuando suministró 15 libras de ensilaje aumentó la producción de leche disminuyendo los sólidos no grasos y la grasa. Al aumentar las proporciones de concentrados en la ración, se incrementó el contenido de sólidos no grasos pero no la grasa. Deben esperarse producciones elevadas de leche de animales alimentados con ensilajes tropicales, cuando el nivel de suplementación sea elevado (11).

En México (57), se han comparado ensilaje de maíz, caña de azúcar fresca y caña japonesa (*Saccharum sinense*); se determinó el consumo voluntario con bovinos enteros a los que se suministraba un suplemento proteico con el 24 por ciento de proteína cruda para completar los requerimientos. Los consumos fueron bajos sin diferencias significativas entre tratamientos, estos fueron de 14,2 kg/animal/día para caña de azúcar; 14,9 kg para caña japonesa y 15,2 kg para ensilaje de maíz. En una segunda parte se comparó la caña de azúcar contra la caña japonesa, ambas suplementadas con pequeñas cantidades de concentrados que suplían los requerimientos proteicos. Los consumos de forraje fueron mayores en la primera parte del experimento, correspondiendo 18,71 kg para caña de azúcar y 19,72 kg para caña japonesa.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del experimento

Este trabajo comprendió tres etapas, una de laboratorio en la que se realizaron microsilos en bolsas de plástico con el fin de evaluar la acción de la urea y melaza sobre la calidad del ensilaje, otra de campo que correspondió a la construcción de silos en tres fincas ganaderas de las Provincias de Veraguas y Herrera de la República de Panamá, con el fin de someter a prueba práctica algunos de los tratamientos comprendidos en la primera etapa. La tercera etapa consistió en una evaluación biológica de los silos de campo mediante pruebas de consumo y producción, realizándose simultáneamente los análisis económicos de los mismos.

Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio del Departamento de Ganadería del CATIE y en el Laboratorio de Cromatografía de Gas de la Escuela de Química Industrial de la Universidad de Costa Rica. Los análisis de leche se efectuaron en el Laboratorio de la Compañía Panameña de Alimentos en Natá, Panamá.

3.2 Microsilos

Simultáneamente con los silos de campo y utilizando el mismo forraje, se construyeron microsilos en bolsas plásticas con 5 kg de forraje verde cada uno.

El cultivo de pasto Panamá (*Saccharum sinense*) se localizaba en San Francisco, Provincia de Veraguas, Panamá y tenía 110 días de edad aproximadamente desde el último corte. Fue segado a mano dejándose marchitar en el campo durante 24 horas. El forraje se picó a un tamaño de

2 cm con una picadora fija marca GEHL y luego de pesado el forraje, se adicionó la melaza y urea compactándose manualmente, cerrándose las bolsas mediante una doble atadura con cordel. Inmediatamente se transportaron al Departamento de Ganadería del CATIE, en Costa Rica, hasta su apertura después de 35 días de ensilado.

3.2.1 Plan de muestreo

Se procedió a abrir los microsilos extrayéndose de la parte central 2 kg de muestra que se homogenizaron. Con estas muestras compuestas se realizaron las calificaciones organolépticas y separaron las fracciones para las determinaciones de laboratorio según el planteo siguiente:

- a) 500 g de ensilaje para obtenerse por expresión con prensa 200 cc de jugo aproximadamente. Este jugo se dividió en dos frascos de 100 cc cada uno, a uno de ellos se le añadió 0,5 ml de HgCl_2 al 0,25 por ciento para inhibir fermentaciones y para ser utilizado posteriormente en la determinación de pH y nitrógeno amoniacal (N-NH_3). Al otro frasco con 100 cc de jugo se le agregó 3 gotas de tolueno para evitar fermentaciones y para determinarse con ellos los ácidos láctico, acético y butírico. Todas estas muestras líquidas se colocaron en congelamiento hasta su análisis.
- b) De la muestra compuesta original se extrajeron 250 g de ensilaje para la determinación de materia seca (MS) en estufa a 50°C y durante 18 horas. Esta muestra fue molida, homogenizada y guardada en un cuarto con humedad controlada, hasta su utilización en el análisis proximal y digestibilidad.

3.2.2 Determinaciones de laboratorio

Las muestras secas y molidas se utilizaron para la determinación de nitrógeno total, extracto etéreo, ceniza, contenido celular, pared celular, proteína de la pared y ceniza de la pared celular de acuerdo con los métodos descritos por el AOAC (3) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca por el método de dos fases.

Con el jugo extraído se determinó el contenido de ácidos láctico, acético y butírico por cromatografía de gas, pH por lectura directa en un potenciómetro con electrodos de vidrio y N-NH₃ por el método de titulación con formaldehído (3).

3.2.3 Tratamientos y diseño experimental

Los microsilos comprendieron 36 tratamientos que corresponden a un arreglo factorial con 6 niveles de melaza y 6 niveles de urea. Todas estas proporciones están referidas sobre base fresca del forraje y de los aditivos y según se presentan en el cuadro siguiente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Niveles de urea y melaza empleados en el arreglo factorial 6 x 6.

% de urea ^{a/} (X ₁)	% de melaza (X ₂)
0,00	0
0,25	2
0,50	4
1,00	6
2,00	8
3,00	10

^{a/} Contenidos de MS: urea, 100%; melaza, 81,9% y pasto, 276%. Los porcentajes de los aditivos están referidos en base fresca.

3.2.4 Análisis de la información

Los resultados obtenidos se analizaron mediante regresiones entre los niveles de urea (X_1), los niveles de melaza (X_2) y las características químicas determinadas y según las funciones:

1. Para los efectos sobre el valor de pH;

$$Y_1 = A + B e^{-(C_1 X_1 + C_2 X_2)}$$

donde: Y_1 = pH

A y B = valor de Y cuando X_1 y $X_2 = 0$

C_1 y C_2 = coeficientes de regresión

X_1 = por ciento de urea

X_2 = por ciento de melaza

2. Para los efectos sobre el contenido de ácido láctico (Y_2), contenido de ácido acético (Y_3) y pérdidas de proteína cruda de los ensilajes según el nivel de urea (Y_{10}):

$$Y_2, Y_3, Y_{10} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_1^2$$

donde: Y_2 = por ciento de ácido láctico en base seca

Y_3 = por ciento de ácido acético en base seca

Y_{10} = por ciento de pérdidas de proteína cruda

b_0 = Y_2, Y_3 e Y_{10} cuando $X_1 = 0$

b_1, b_2 = coeficientes de regresión

X_1 = por ciento de urea

3. Para los efectos sobre el contenido de ácido butírico en base seca:

$$Y_4 = b_0 e^{-b_1 X_1} X_1^{b_2}$$

donde: Y_4 = por ciento de ácido butírico

b_0, b_1, b_2 = coeficientes de regresión

Y_1 = por ciento de urea

4. Para los efectos sobre el contenido de proteína cruda (Y_5) y por ciento de materia seca (Y_7):

$$Y_5, Y_7 = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1X_2$$

donde: Y_5, Y_7 = por ciento de proteína cruda ($N \times 6,25$) en base seca y por ciento de materia seca, respectivamente

b_0 = valor de Y_5 e Y_7 cuando X_1 y $X_2 = 0$

b_1, b_2, b_3 = coeficientes de regresión

X_1 = por ciento de urea

X_2 = por ciento de melaza

5. Para los efectos sobre el contenido de nitrógeno amoniacal (Y_6) y digestibilidad de la materia seca según los niveles de urea (Y_8):

$$Y_6, Y_8 = b_0 + b_1X_1$$

donde: Y_6 = por ciento de nitrógeno amoniacal en base seca

Y_8 = por ciento de digestibilidad de la materia seca, según los niveles de urea

b_0 = valor de Y_6, Y_8 cuando $X_1 = 0$

b_1 = coeficiente de regresión

X_1 = por ciento de urea

6. Para los efectos sobre la digestibilidad de la MS según los niveles de melaza (Y_9) y las pérdidas de proteína cruda, según el nivel de melaza:

$$Y_9, Y_{11} = b_0 + b_1 X_2$$

donde: Y_9, Y_{11} = digestibilidad de la MS y pérdidas de PC, según los niveles de melaza, respectivamente

b_0 = valor de Y_9 e Y_{11} cuando $X_2 = 0$

b_1 = coeficiente de regresión

X_2 = por ciento de melaza

La evaluación cuantitativa de las pérdidas de proteína cruda (PC) se realizó por diferencia entre la PC recuperada en los silajes y la PC incorporada como forraje y aditivos. En ambos casos se consideraron los valores determinados por análisis.

3.3 Silos de campo

Se construyeron 3 silos aéreos de 2 m de altura y 5 m de diámetro. Las paredes consistían de postes colocados a 1 m de distancia y recubiertos con malla de alambre. Cada silo se dividió en dos partes para poner 2 tratamientos, correspondiendo a cada uno $19,63 \text{ m}^3$ de capacidad.

Los forrajes utilizados provenían de tres cultivos localizados en Ocú (Provincia de Herrera), San Francisco (Provincia de Veraguas) y Divisa (Provincia de Herrera) y tenían entre 6 y 12 meses de establecidos. En los Cuadros 2 y 3 se presentan las características de los cultivos.

El forraje cortado se dejó marchitar en el campo, para luego ensilarse cortando el forraje con una máquina fija marca GEHL que determinaba un tamaño de corte de 2 cm.

Cuadro 2. Características y rendimientos de los cultivos utilizados.

	Localización de los cultivos		
	Ocú	Divisa	San Fscó.
Tiempo desde último corte (días)	100	90	110
Rendimiento forraje verde (TM/ha)	22,5	96,0	80,0
Rendimiento en MS (TM/ha)	6,43	22,9	22,1
Superficie cosechada (m ²)	8000	2500	3000
Forraje verde cosechado (TM)	18	24	24
Forraje verde marchitado (TM)	15	20	20
Tiempo de marchitamiento (h)	24	20	28

Cuadro 3. Composición y digestibilidad *in vitro* de los forrajes verdes utilizados en los silos de campo.

Constituyentes	Localización de los cultivos		
	Ocú	Divisa	San Fscó.
Materia seca	28,58	23,83	27,60
PC (N x 6,25)	3,10	4,55	3,27
Extracto etéreo	1,02	1,36	0,96
Cenizas totales	9,56	10,30	8,71
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	41,03	53,93	40,48

La mezcla de melaza y urea se agregó en solución acuosa (1:1) cada capa de 10 cm de forraje y a partir de los primeros 50 cm de altura. Los cálculos de aditivos se realizaron en base a una densidad de forraje de 450 kg/m^3 . Considerando la cantidad de forraje verde cosechado (Cuadro 2), se ensilaron 7,5 TM en cada uno de los dos silos en Ocu y 10 TM en cada uno de los dos silos en Divisa y San Francisco.

La compactación se realizó mediante apisonamiento de las capas de forraje. Se prestó atención a la operación de tapado del silo, en razón de la rusticidad de la construcción y de los efectos de las lluvias. Sobre el forraje ensilado se colocaron sucesivamente, capas de pasto fresco, una lámina plástica, tierra apisonada y bloques de concreto para favorecer la compactación y proteger las coberturas. Alrededor del silo se cavó una zanja perimetral de 20 cm de profundidad para evitar la entrada de agua de escurrimiento.

Además, con el cultivo localizado en Divisa, se preparó simultáneamente con los silos descritos un silo trinchera de 70 TM de pasto Panamá sin el agregado de aditivos. Este ensilaje también se utilizó en este trabajo en las pruebas de consumo.

3.3.1 Controles, muestreo y análisis

Se registraron las temperaturas de fermentación durante 10 días posteriores al cierre, mediante termómetros que se introducían en bayonetas metálicas que permanecían dentro del silo.

Se abrieron los silos a los 140 días (se construyeron en octubre de 1976 y abrieron en marzo de 1977), para utilizarse en las pruebas de consumo y evaluarse pérdidas y constituyentes químicos.

A medida que se utilizaban los silos, fueron obteniéndose muestras compuestas de 1 kg del frente del consumo que se tomaban en sentido vertical. Estas muestras se colocaban en bolsas plásticas y se conservaban a -2°C de temperatura.

Al mismo tiempo que se muestreaban, se fue midiendo cada tres días las pérdidas volumétricas para establecer el ensilaje útil final. De esta manera se cuantificaron las pérdidas de nutrientes y de MS con respecto al forraje y aditivos originales.

Se determinó además en cada silo la densidad del forraje verde compactado (con aditivos) y la densidad del ensilaje obtenido al final, estas determinaciones se realizaron en todos los casos a 1 m de profundidad.

Los forrajes se caracterizaron químicamente antes de ensilarse y posteriormente en los ensilajes se estudiaron los mismos parámetros químicos y realizaron los análisis de laboratorio descritos para los microsilos (inciso 3.2.2).

3.3.2 Descripción de tratamientos en los silos de campo

En el Cuadro 4 se presentan los distintos tratamientos utilizados. Se incluyeron los tratamientos FV, que correspondió a la prueba con pasto Panamá maduro y sin ensilar y el 0-0, al que no se adicionó melaza ni urea (silo trinchera).

3.4 Pruebas de comportamiento y descripción de tratamientos

Las pruebas de consumo y producción se realizaron para obtener información complementaria a la calidad de ensilajes. Se determinó el consumo voluntario sin ración suplementaria, para independizar el efecto de ésta sobre la ingesta. De esta manera se obtuvo información básica

Cuadro 4. Cantidades totales de forraje y aditivos utilizados en los silos de campo.

	T R A T A M I E N T O S ^{a/}							
	(FV)	(0-0)	(0,25-2)	(0,5-4)	(0,5-6)	(1,0-6)	(1,0-4)	(2,0-8)
Forraje ensilado (TM)	0	70	7,5	7,5	10	10	10	10
Adición de urea (%)	-	0	0,25	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0
Adición de melaza (%)	-	0	2,0	4,0	6,0	6,0	4,0	8,0
Adición de urea (kg)	-	-	18,5	37,5	50	100	100	200
Adición de melaza (kg)	-	-	150	300	600	600	400	800

^{a/} Se utilizó en el primer tratamiento (FV) forraje verde sin ensilar. Los demás tratamientos se identificarán con los niveles de urea y melaza. Por ejemplo, el tratamiento 0,5-6 significa 0,5% de urea y 6% de melaza.

sobre el consumo de ensilajes por animales en producción que recibían el manejo propio de explotaciones comerciales de la región.

Se evaluaron seis tratamientos de ensilado del forraje con dos tratamientos en cada localidad (Cuadro 4). Los tratamientos FV y 0-0 fueron adicionales.

Aunque se planearon originalmente ocho tratamientos, las pruebas de consumo con los silos 1-4 y 2-8 (% de urea y melaza, respectivamente), debieron suspenderse por falta de aceptación por parte de los animales.

En cada prueba se incluye un grupo de animales testigos (T), que recibían el manejo y alimentación usual de la finca (Cuadro 5).

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos y localización de los silos experimentales.

	LOCALIZACION								
	San Fscó.			Ocú			Divisa		
Tratamiento	FV ^{a/}	0-0	T ₁ ^{b/}	0,25-2	0,5-4	T ₂ ^{b/}	0,5-6	1,0-6	T ₃ ^{b/}
Urea (%)	-	-	-	0,25	0,5	-	0,5	1,0	-
Melaza (%)	-	--	-	2,0	4,0	-	6,0	6,0	-
No. de animales	5	5	5	5	5	5	5	5	5

^{a/} Forraje verde picado al estado fresco.

^{b/} T_i = grupos testigos con manejo y alimentación descritos en el Cuadro 6.

3.4.1 Características de las pruebas

Las pruebas tuvieron una duración de 27 días, que incluyeron 12 días de acostumbramiento y 15 días de control. En el período de acostumbramiento se fue reduciendo el forraje que consumían los animales hasta el quinto día, mientras se aumentaba el suministro de forraje experimental hasta constituir ese día el 100 por ciento de la ración.

En las localidades de San Francisco y Ocú se utilizaron vacas de doble propósito, mientras que en Divisa se trabajó con vacas de tipo lechero. La elección de los animales se hizo por agrupamiento según la edad del animal, número de la parición, momento de la lactancia, tipo de animales y producción de leche según los últimos controles. Se eligieron

cinco animales por tratamiento, colocándose los grupos experimentales confinados en corrales. Los grupos testigos (T_1 , T_2 y T_3) permanecieron a campo y según el manejo corriente.

Durante los cinco primeros días del acostumbramiento, se efectuaron todos los cambios necesarios de animales para reducir el efecto de competencia entre ellos. Además, se acostumbró a las vacas al nuevo manejo al momento del ordeño. Debe señalarse que exceptuando los grupos 0,25-2 y 0,5-4, los restantes animales estaban amamantando terneros de diferentes edades.

Cuadro 6. Características de manejo de los animales.

	LOCALIZACION		
	Ocú	San Fscó.	Divisa
Tipo de animales	Doble propós. ^{a/}	Doble propós. ^{a/}	Lechero ^{b/}
Estado de los animales	Regular	Bueno	Muy bueno
Forma de ordeño	Manual	Manual	Mecánico
Tipo de ordeño	Con ternero	Con ternero	Sin ternero
Ordeños por día	1	1	2
Manejo nutricional previo ^{c/}	Pastoreo regular + pasto picado	Pastoreo regular + pasto picado + miel-urea	Pastoreo bueno + ensilaje de maíz + suplemento

^{a/} Se consideran doble propósito a animales cebuínos encastados con europeos en distintas proporciones.

^{b/} Animales Holstein, Pardo Suizos y cruza recíprocas.

^{c/} Los manejos descritos son los mismos que se aplicaron a los grupos testigos durante el período experimental.

3.4.1.1 Manejo del forraje

En base a los consumos determinados en el período de acostumbramiento, se suministró durante la prueba de control un 20 por ciento más de forraje del que consumían los animales para favorecer la selección y asegurar la condición de consumo *ad libitum*. Este forraje se cortaba una vez al día, pero se distribuía a los animales tres veces al día, a las 6 a.m., 11 a.m. y 5 p.m. Se utilizó esta distribución para favorecer el consumo en las horas de menor temperatura ambiente. Diariamente se pesaba el forraje ofrecido al grupo y posteriormente el rechazado. De estos forrajes se extraían muestras que se guardaban en congelamiento a -2°C .

3.4.1.2 Manejo de los animales

Los animales se colocaron en corrales de 80 m^2 aproximadamente y disponían de comederos de concreto protegidos estos a su vez por sombreaderos.

Al comenzar la prueba se aplicó a los animales un multivitamínico inyectable (A-E-E- 500).

Se suministraba a los grupos agua a voluntad y sales minerales en los comederos.

3.4.2 Parámetros a medirse

a) Consumo de forrajes.- El consumo diario por tratamiento (c_i) se estimó por promedio cada tres días en base a MS y según la relación ofrecida (o_i) menos rechazado (r_i): $c_i = o_i - r_i$, donde $i = 1, 2, \dots$ 6 tratamientos.

b) Controles de producción.- Se midió la producción de leche vendible cada cinco días. De la leche producida por cada grupo y después

de homogenizarse, se tomaba una muestra de 100 cc que se llevaba a congelación para las determinaciones posteriores del peso específico mediante densímetro; grasa butírométrica por Milko-Tester y sólidos totales obtenidos por la fórmula de Richmond (16).

c) Peso corporal.- Por no disponer de una balanza para pesar ganado, se determinó mediante cinta hipométrica el perímetro torácico para así calcular el peso. Esta determinación se realizó en la mitad de la prueba.

3.4.3 Análisis económico

A fin de determinar los costos del forraje verde y los aditivos utilizados, se realizó el análisis económico de los tratamientos que correspondían al tipo de silos parva. Además, se establecieron las relaciones económicas entre los costos del ensilaje consumido en las pruebas de comportamiento y el valor de la leche vendida, en las condiciones experimentales ya descritas. Se calcularon: 1) El costo del cultivo y de los aditivos; 2) Los costos de operación referidos a la construcción y llenado de los silos; 3) Las relaciones de costo entre MS ensilada, recuperada y utilizada por los animales a fin de establecer un balance de insumos y pérdidas del sistema.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Microsilos

4.1.1 Caracterización organoléptica

Aunque la caracterización organoléptica tiene escaso valor predictivo, se hizo para relacionarla con los análisis químicos efectuados posteriormente.

No se perdió ningún tratamiento. Las pérdidas por descomposición fueron escasas en todos ellos y no se observaron efluentes en la mayoría de los ensilajes, debido a la escasa compresión de los mismos.

El forraje ensilado era de color verde claro y su color variaba hacia el verde oscuro, cuando aumentaban las proporciones de aditivos. Estos efectos también fueron observados en ensilajes de sorgo (50).

Los productos de fermentación, definían un olor alcohólico que se incrementaba con los aumentos en los niveles de melaza, coincidiendo esto con observaciones en ensilajes de caña de azúcar (38). También se notó un olor amoniacal que se hacía más evidente a medida que aumentaban las proporciones de urea.

Los niveles máximos de urea utilizados, produjeron una marcada alteración de la textura de los ensilajes, consistiendo en una desfibración con exclusión casi completa de los contenidos celulares.

4.1.2 pH

Los valores de pH obtenidos según los niveles de melaza y urea utilizados se grafican en la Fig. 1 y se describen con la siguiente función:

$$Y_1 = 737,9 - 733,4e^{-(0,0022X_1 - 0,0002X_2)}$$

$$R^2 = 0,85 \text{ (P } \leq 0,01, n = 36)$$

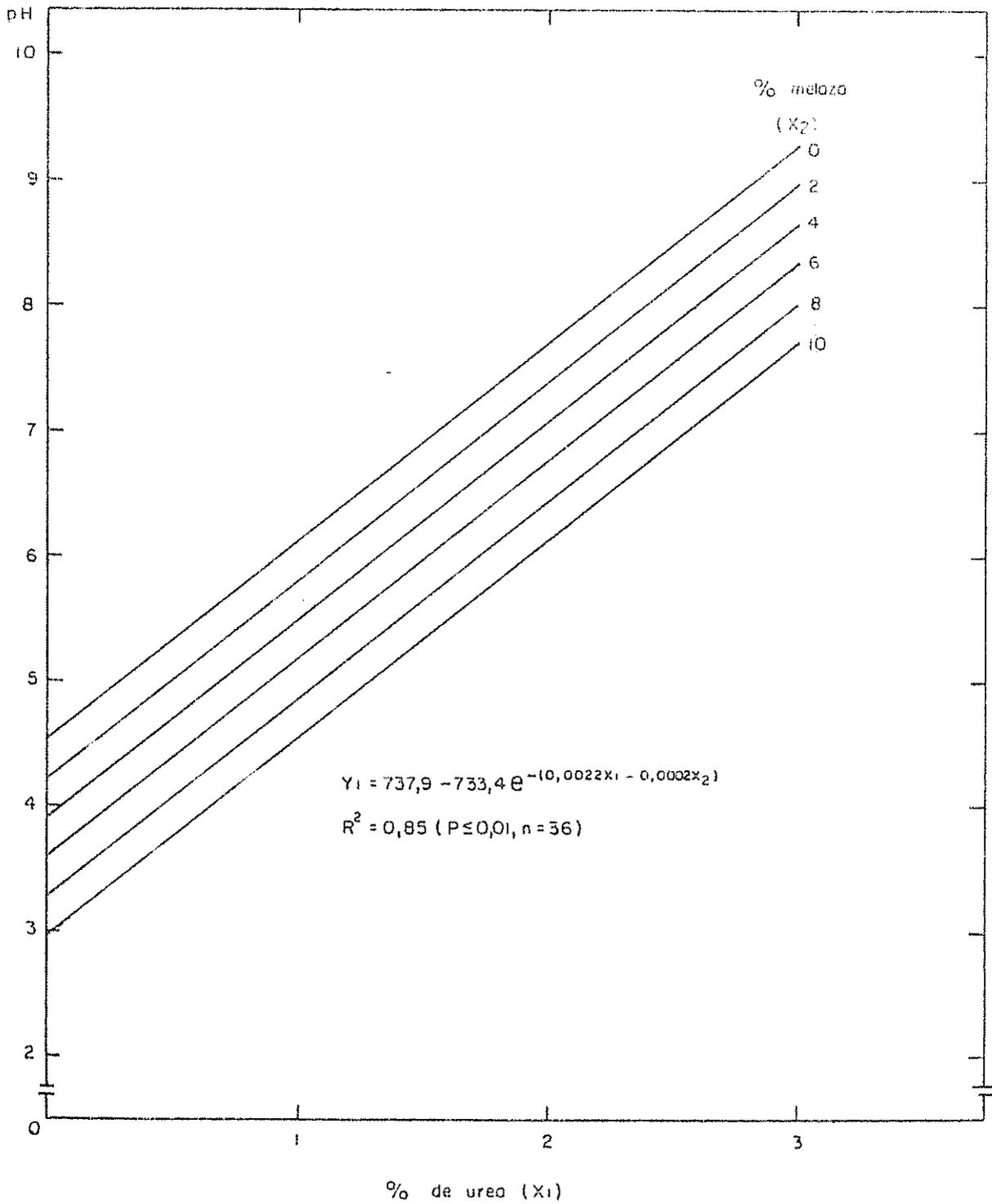


Fig. 1 Efecto del nivel de urea y melaza sobre los valores de pH de los ensilajes

La urea incrementó los valores de pH variando este desde 4,1 a 8,7 para los ensilajes sin melaza. Esta produjo una depresión de los valores en forma lineal a medida que se incrementaban sus proporciones. El aumento del pH por la adición de urea no ocurre por ésta en sí, ya que es una base débil de bajo poder tampón, sino a partir del NH_4^+ resultante de su hidrólisis (44, 65). Como consecuencia, cualquier ensilaje con adición de urea, se caracterizará por valores atípicos de pH.

El efecto alcalinizante de la urea y acidificante de la melaza en los ensilajes, está bien sustentado en la literatura (5, 12, 26, 29, 59, 65). Se ha demostrado que el pH está asociado directamente con la acidez total de los ensilajes, pero cuando se agrega urea, el pH no es indicador de los procesos de fermentación por la formación masiva de NH_4^+ (1, 20, 44, 70). Especialmente bajo estas condiciones sería de más valor registrar los cambios de pH y temperatura en las etapas intermedias de la fermentación y relacionar estos cambios con los productos finales (1, 38).

La estabilización ocurre cuando se forman suficientes ácidos orgánicos para disminuir el pH a tal punto que disminuye o paraliza la actividad microbiana. En el caso de ensilajes con adiciones de urea o sales de amoníaco, la estabilización no ocurriría como consecuencia de una disminución en el pH sino más bien como resultado de un aumento en la concentración de iones en el compartimento extracelular. El agua tiende a perder su actividad, disminuyendo la transferencia de material fermentescible del interior de la célula al compartimento extracelular causando así una reducción de la actividad microbiana. Es decir, el aumento de la presión osmótica intracelular llega a limitar la actividad microbiana (11).

4.1.3 Acidos orgánicos

Las cantidades totales de ácidos volátiles obtenidos fueron bajas. La producción de ácido láctico fue afectada solo por el nivel de urea, no se encontraron tendencias claras en cuanto al efecto de la melaza, la función Y_2 relaciona la producción de ácido láctico con los niveles de urea:

$$Y_2 = -0,01 + 0,20X_1 - 0,04X_1^2$$

$$R^2 = 0,89 \text{ (} P \leq 0,01, \text{ n} = 6 \text{)}$$

Esta función se grafica en la Fig. 2. Se observa el efecto cuadrático que determina la urea incrementando la concentración de ácido láctico hasta el nivel del 2 por ciento de urea para luego decrecer.

Los resultados con la urea son concordante con investigaciones con forrajes de climas templados y tropicales (12, 28, 29, 38, 40, 65), no así los resultados con las adiciones con melaza pues en una investigación (38) se encontró efectos negativos de ésta sobre la formación de ácido láctico.

La urea incrementa la tasa fermentativa ocasionando mayor producción de ácidos orgánicos (29). El aumento en el nivel de ácido láctico es probablemente debido a un aumento en el número de bacterias lactogénicas como consecuencia de la urea, según lo hallado en una investigación (29).

Se ha encontrado (28) que la adición de urea estimula la producción de ácido láctico al formar sales de lactato y acetato de amonio y al mantener el pH elevado. Especialmente en el caso de un forraje pobre en proteína, la urea también podría tener un efecto estimulante del crecimiento microbial al mejorar el medio nutritivo de éstas.

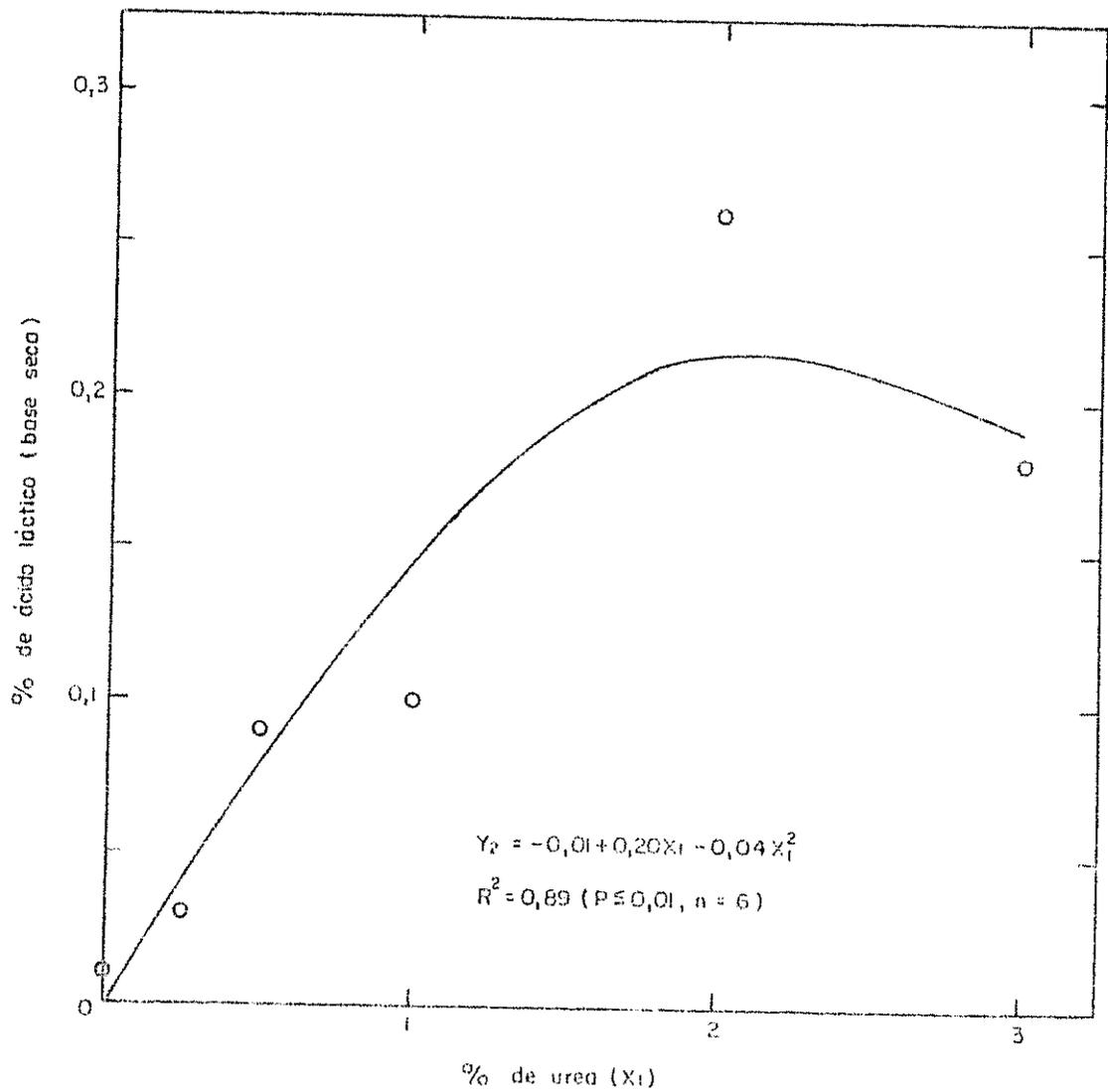


Fig. 2 Efecto del nivel de urea sobre el porcentaje de ácido láctico

La disminución en la producción total de ácidos a partir del 2 por ciento de urea, probablemente fue causada por una disminución en la tasa de fermentación la cual a su vez sería provocada por los altos niveles de alcalinidad impartidos por altos niveles de urea. Es decir, la disminución de la actividad microbiana a altos niveles de pH sería similar a la disminución de la tasa fermentativa a pH muy ácido. Además del efecto del pH sobre las bacterias, a medida que se incrementa el nivel de urea aumenta la concentración de solutos y disminuye la actividad del agua. Una disminución en la actividad del agua está asociada con la estabilización de la fermentación (11). Con niveles muy bajos de urea, sin embargo, este efecto es ampliamente superado por los efectos favorecedores de la fermentación (mejoramiento del medio nutritivo y estímulo de la proliferación de bacterias lactogénicas) ya discutidos previamente. El resultado de todo esto, sería una relación cuadrática entre la concentración de urea y la producción de ácidos.

Los valores de ácido láctico son, en general, muy bajos e inferiores a los encontrados en ensilajes de caña de azúcar (38, 48), pasto elefante (5), sorgo forrajero (50), rastrojos de maíz (13) y maíz, que han variado entre 2 y 4 por ciento de ácido láctico en base seca. Por otro lado, otros investigadores (11), han encontrado que en pastos tropicales ensilados, la producción de ácido láctico es siempre muy baja, asociándose esto con los bajos contenidos de azúcares solubles disponibles en especies tropicales.

La producción de ácido acético siguió un patrón similar al del ácido láctico obteniéndose el valor máximo a un nivel del 2 por ciento de urea para luego decrecer. La función cuadrática Y_3 , Fig. 3, relaciona

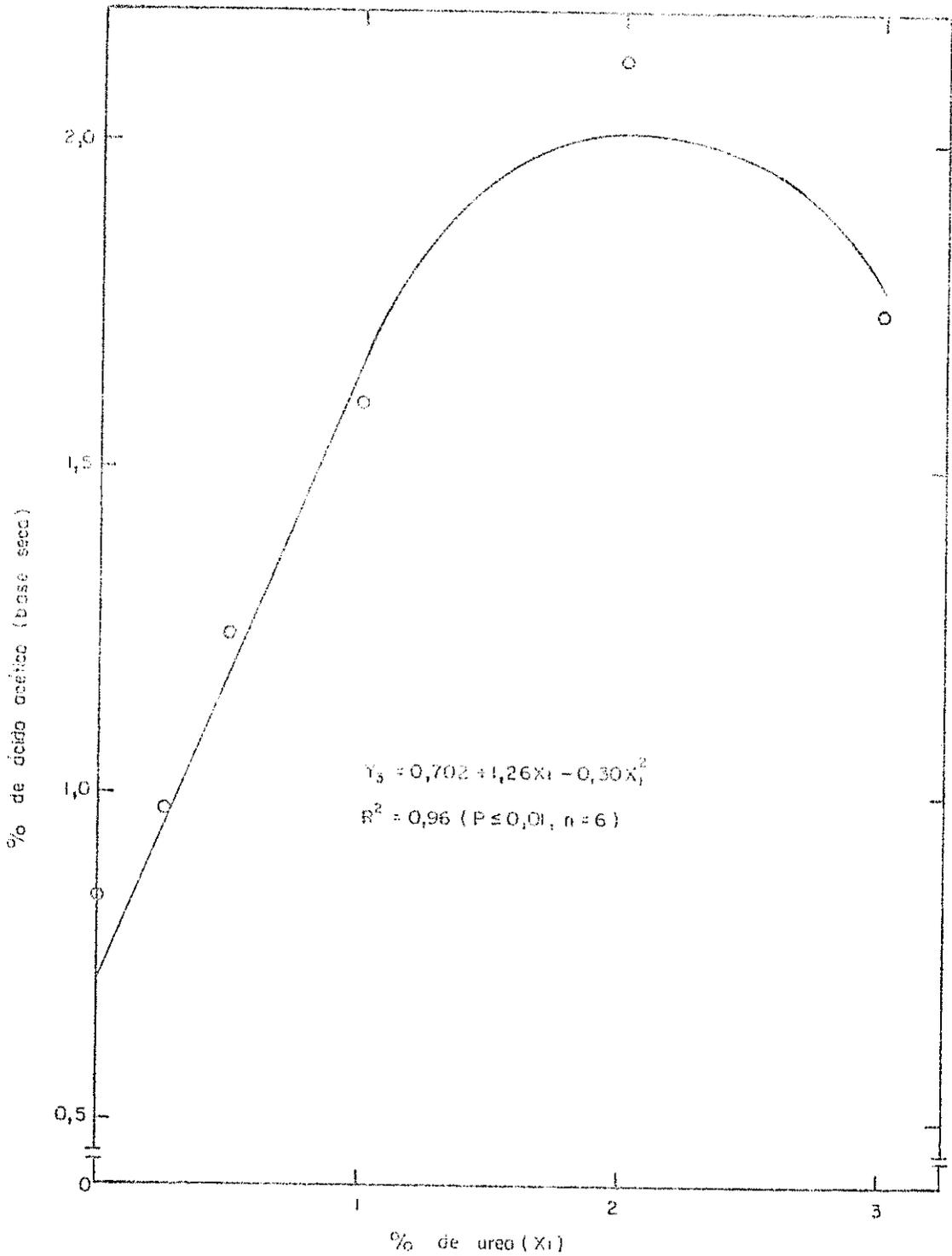


Fig 3 Efecto del nivel de urea sobre el porcentaje de ácido acético

el contenido porcentual de ácido acético con los niveles de urea:

$$Y_3 = 0,702 + 1,26X_1 - 0,30X_1^2$$

$$R^2 = 0,96 (P \leq 0,01), \quad n = 6)$$

La adición de melaza presentó una tendencia a reducir el contenido de ácido acético aunque este efecto no fue significativo.

Es lógico que al aumentar la tasa fermentativa por la adición de urea (29), aumente la producción de todos los ácidos orgánicos alterando solamente la relación porcentual entre ellos. La cantidad de ácido láctico normalmente debe ser mayor que la suma de los restantes ácidos (4, 56); sin embargo, en este trabajo, el ácido acético es predominante y el principal causante de la acidez total. Esto concuerda con investigaciones que establecen que el acético es el que determina la acidez en ensilajes y forrajes tropicales (1, 11, 41). Diversos trabajos con forrajes de climas templados y tropicales con adiciones de urea en distintas proporciones, indican una relación cuadrática (12) o lineal (29, 48, 65) con los aumentos de ácido acético.

Aunque la producción de ácido butírico en función de la urea siguió una tendencia similar a la de los ácidos lácticos y acéticos la máxima cantidad se obtuvo con 0,5 por ciento de urea en contraste con el valor de 2,0 por ciento correspondiente a la producción máxima de los otros ácidos. Se ajustó la función gamma Y_4 , que se grafica en la Fig. 4:

$$Y_4 = 0,72e^{0,67X_1} X_1^{0,43}$$

$$R^2 = 0,92 (P \leq 0,01, \quad n = 6)$$

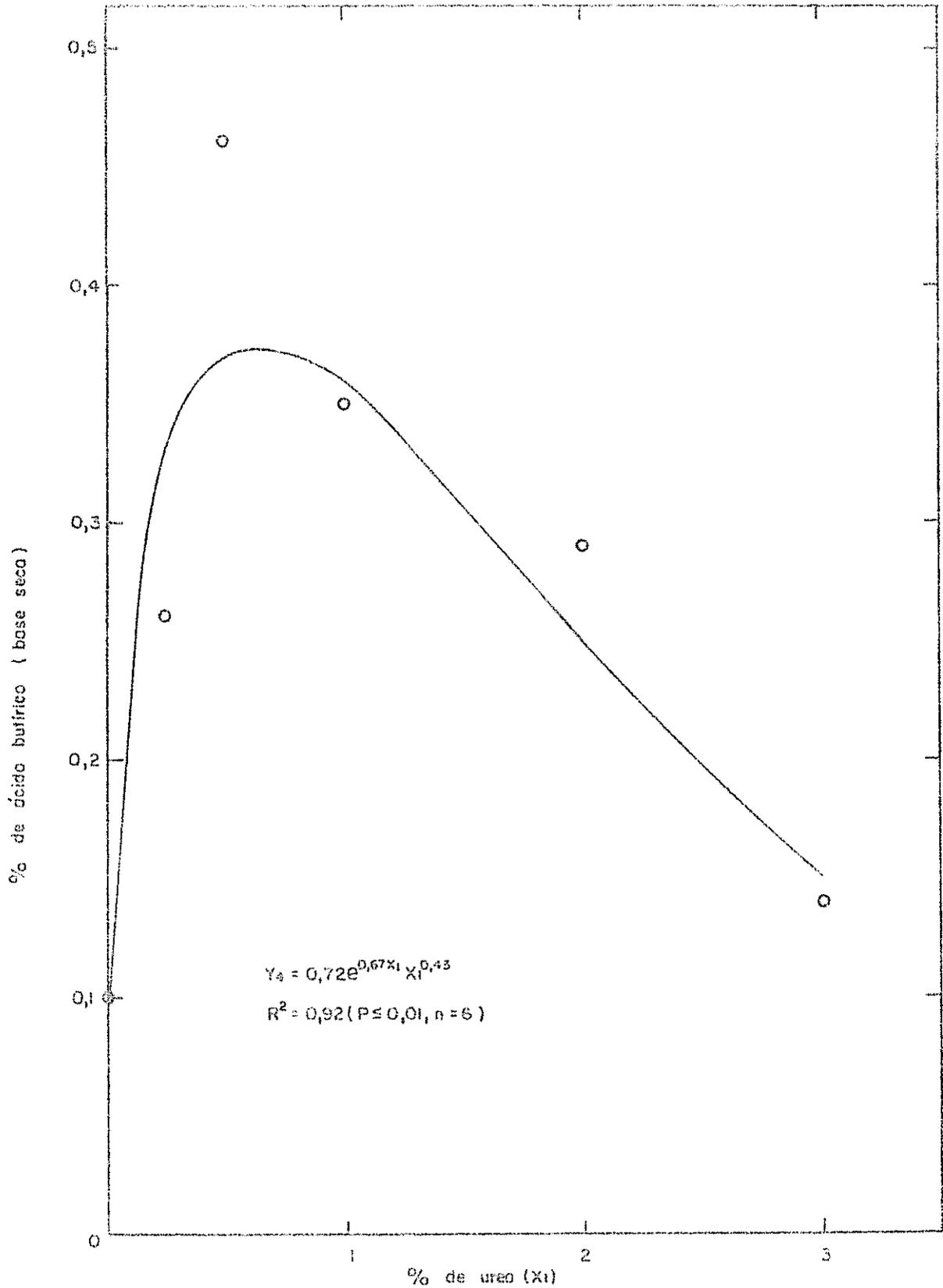


Fig. 4 Efecto del nivel de urea sobre el porcentaje de ácido butírico

Los resultados obtenidos en este estudio refuerzan otras observaciones (29, 38, 65), que asocian la producción de ácido butírico con la producción de ácido láctico.

En los estudios citados y en el que se presenta en este documento, se propone que la formación de ácido butírico es debido en gran medida, a la utilización del ácido láctico como sustrato por los clostridios, produciendo ácido butírico como uno de sus productos finales, según el siguiente modelo de fermentación: $2 \text{ ácido láctico} \longrightarrow \text{ácido butírico} + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2$. Consecuentemente, los mismos factores que directamente influyen en la producción de ácido láctico, afectarían indirectamente la producción de ácido butírico.

La melaza no tuvo efectos significativos sobre la producción de ácido butírico.

En general, los valores de ácido butírico son muy bajos e indican que no existió una fermentación indeseable en todos los tratamientos.

4.1.4 Contenido de proteína cruda

El contenido de proteína cruda ($N \times 6,25$) aumentó linealmente con el incremento en los niveles de melaza y urea. Ambas variables interaccionaron positivamente según se muestra en la función Y_5 , que se grafica en la Fig. 5, y que relaciona el por ciento de proteína y los niveles de urea y melaza utilizados:

$$Y_5 = 3,08 + 1,20X_1 + 0,20X_2 + 0,26X_1 X_2$$

$$R^2 = 0,92 \quad (P \leq 0,01, \quad n = 6)$$

Numerosas investigaciones confirman que la incorporación de urea incrementa el contenido total de N. La eficiencia de retención de N depende de la proporción de urea adicionada al ensilaje y de la naturaleza

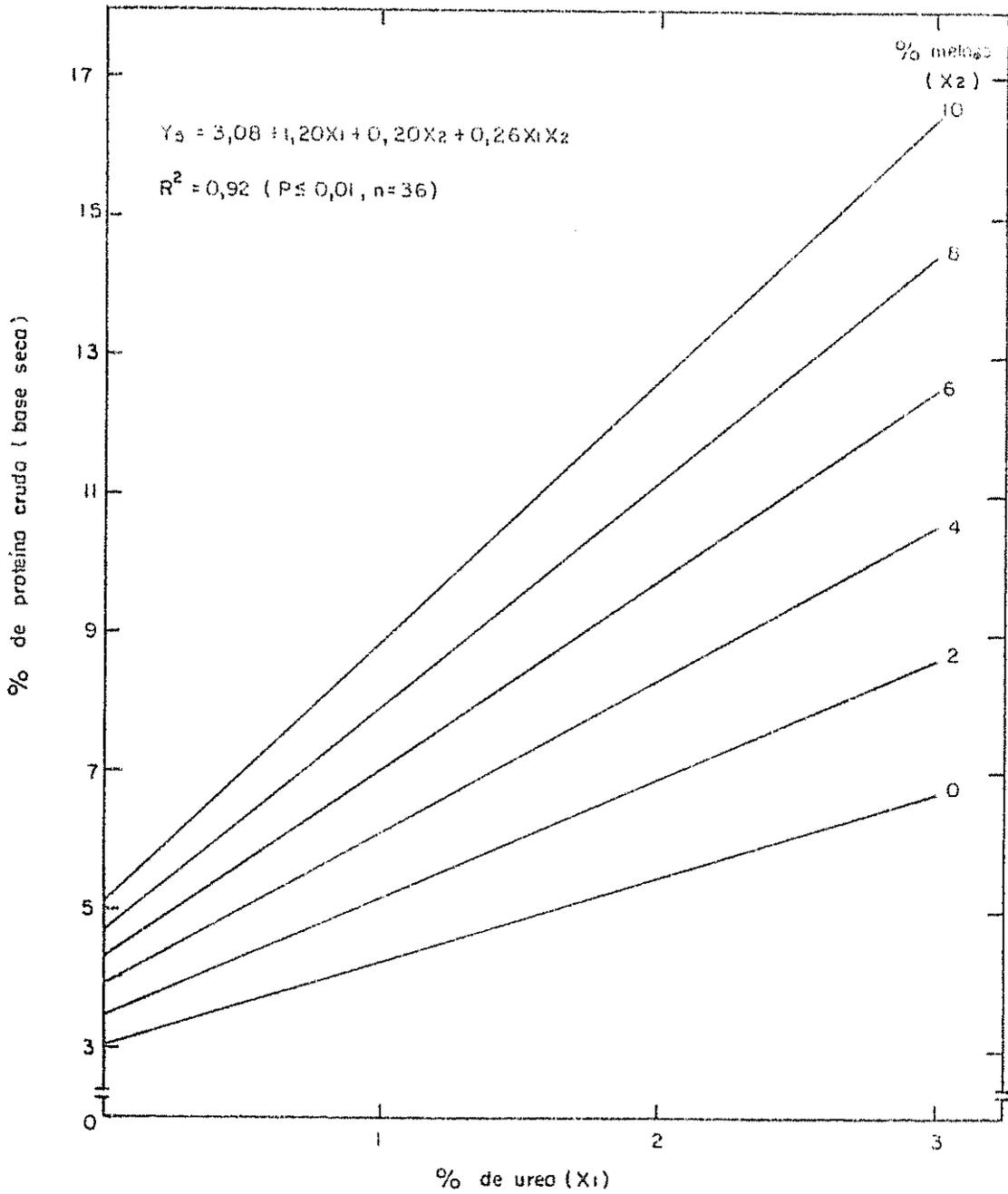


Fig. 5 Efecto de la urea y de la melaza sobre el contenido de proteína cruda (N x 6,25)

del proceso fermentativo (5, 12, 13, 28, 61). La fracción proteica se degrada desdoblándose más del 50 por ciento de las proteínas del forraje (70). También alrededor del 60 por ciento de la urea agregada a forrajes puede hidrolizarse a NH_4^+ durante la fermentación (7). Consecuentemente, la mayor proporción del N total estaría en forma de NH_4^+ .

La melaza es un sustrato apto para el desarrollo de bacterias capaces de utilizar el nitrógeno no proteico para síntesis (26, 38). Este efecto se discutirá más adelante al analizar las pérdidas de proteína en relación con los incrementos de los aditivos. El hecho de que la melaza aumenta linealmente el contenido de N indica que ésta está promoviendo la incorporación de N en los microorganismos a través de procesos sintetizadores, reduciendo así las pérdidas de nitrógeno por volatilización.

Considerando que ciertos microorganismos requieren aminoácidos para prosperar (32), se esperaría que la eficiencia de retención del nitrógeno total aumente con adiciones de proteínas verdaderas a ensilajes pobres en este nutriente. La consecuencia de esto sería una mayor producción de ácidos típicos del ensilaje. En el caso de los ensilajes experimentales, la alta proporción de N no proteico está en concordancia con una baja producción de ácidos totales.

4.1.5 Contenido y pérdidas de nitrógeno amoniacal

En relación con la adición de cantidades crecientes de urea, se obtuvo una respuesta lineal en el contenido de nitrógeno amoniacal en los ensilados. La función que describe la relación entre el contenido de N-NH_3 en base seca y el por ciento de urea, se presenta a continuación:

$$Y_6 = 0,09 + 0,02X_1$$

$$R^2 = 0,88 \quad (P \leq 0,01, n = 6)$$

La Fig. 6 ilustra la relación lineal entre el nivel de urea y el nivel de $N-NH_3$. No se observó efecto de la melaza sobre el contenido de $N-NH_3$. Según se observa en la Fig. 6, el contenido de $N-NH_3$ en el ensilaje aumenta a medida que se incrementa el nivel de urea. Los valores de $N-NH_3$ variaron entre 0,09 y 0,16 por ciento y son comparables a los obtenidos con ensilajes de gramíneas con adiciones de urea (12, 13, 29, 65), y naturalmente son mayores a los valores normalmente encontrados en ensilajes de zonas templadas sin urea.

Normalmente, la concentración de $N-NH_3$ indica en forma directa el grado de proteólisis y consecuentemente, el grado de fermentación indeseable. Sin embargo, en el caso de ensilajes con adiciones de urea, la concentración de $N-NH_3$ deja de ser un parámetro de evaluación cualitativa ya que la urea es rápidamente hidrolizable, convirtiéndose la concentración de $N-NH_3$ en una simple consecuencia directa del nivel de urea añadido, como se demuestra en la Fig. 6.

La concentración de $N-NH_3$, por otro lado, es importante pues está asociado inversamente con el consumo (70). Además, altos niveles de $N-NH_3$ también están asociados con altas concentraciones de ácido acético y ácido butírico los cuales son detrimentales del consumo (70).

Con respecto a las pérdidas de N, éstas solo ocurrirían en forma volátil ya que los microsilos no estaban dotados de un sistema de drenaje. Las estimaciones de pérdidas se realizaron tomando en cuenta los aportes totales de PC en cada tratamiento y mediante análisis de la PC al final del proceso de ensilaje. Se encontró que tanto la urea como la melaza afectaron el porcentaje de pérdidas nitrogenadas. Sin embargo, no se desarrolló una función que incluyera ambas variables afectando

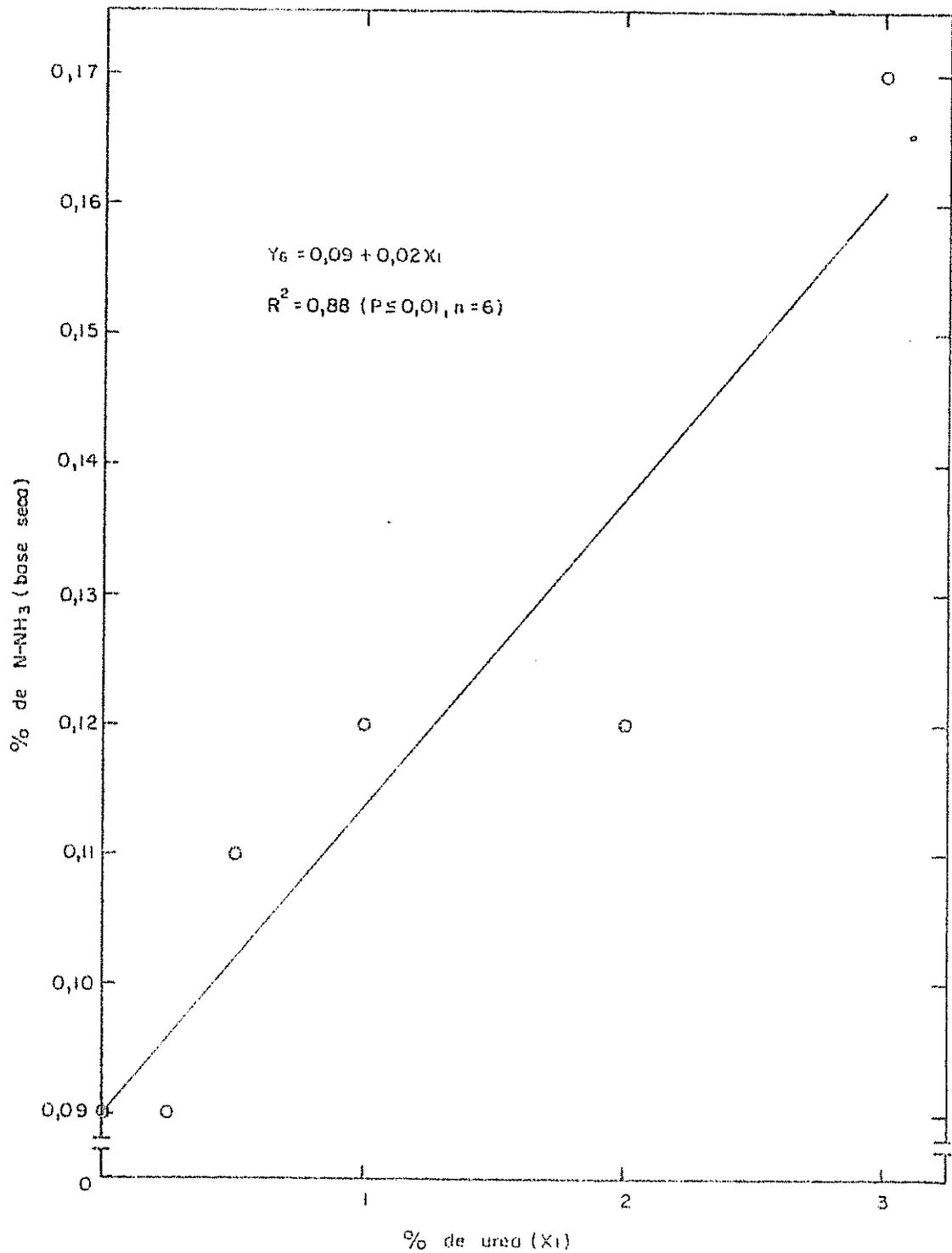


Fig. 6 Efecto del nivel de urea sobre el porcentaje de nitrógeno amoniacal

simultáneamente este parámetro, por la gran dispersión de datos individuales.

La función cuadrática Y_{10} relaciona el porcentaje de pérdidas con los niveles de urea utilizados:

$$Y_{10} = 3,46 + 55,37X_1 - 12,06X_1^2$$

$$R^2 = 0,94 \quad (P \leq 0,01, \quad n = 6)$$

Esta función, que se ilustra en la Fig. 10, muestra que ocurre aumento de las pérdidas de PC hasta el nivel del 2 por ciento de urea, para luego decrecer. Sin embargo, este decrecimiento es solo producto del modelo cuadrático seleccionado. Los puntos observados indican una constancia alrededor de 52,5 por ciento de pérdidas a partir del 2 por ciento de urea. En cualquier caso, la magnitud de las pérdidas máximas es similar a las pérdidas observadas por Mejía y Pineda (45), con 2,1 por ciento de urea, pero mucho mayor al 12,2 por ciento de pérdidas encontradas por Dutton y Otterby (24) trabajando con un promedio de 1,3 por ciento de urea.

Es probable que las pérdidas de N puedan haberse reducido si el forraje se hubiera marchitado aún más de lo logrado, de acuerdo con algunas investigaciones (42, 45). Por ejemplo, al marchitar *Chloris gayana* cambiando su contenido de MS de 20 a 30 por ciento, se redujeron las pérdidas de PC del 44 al 24 por ciento y las pérdidas de MS del 28 al 20 por ciento, respectivamente (15).

La melaza parece tener acción conservadora del N del ensilaje. Aparentemente esta acción es directamente proporcional al nivel de melaza

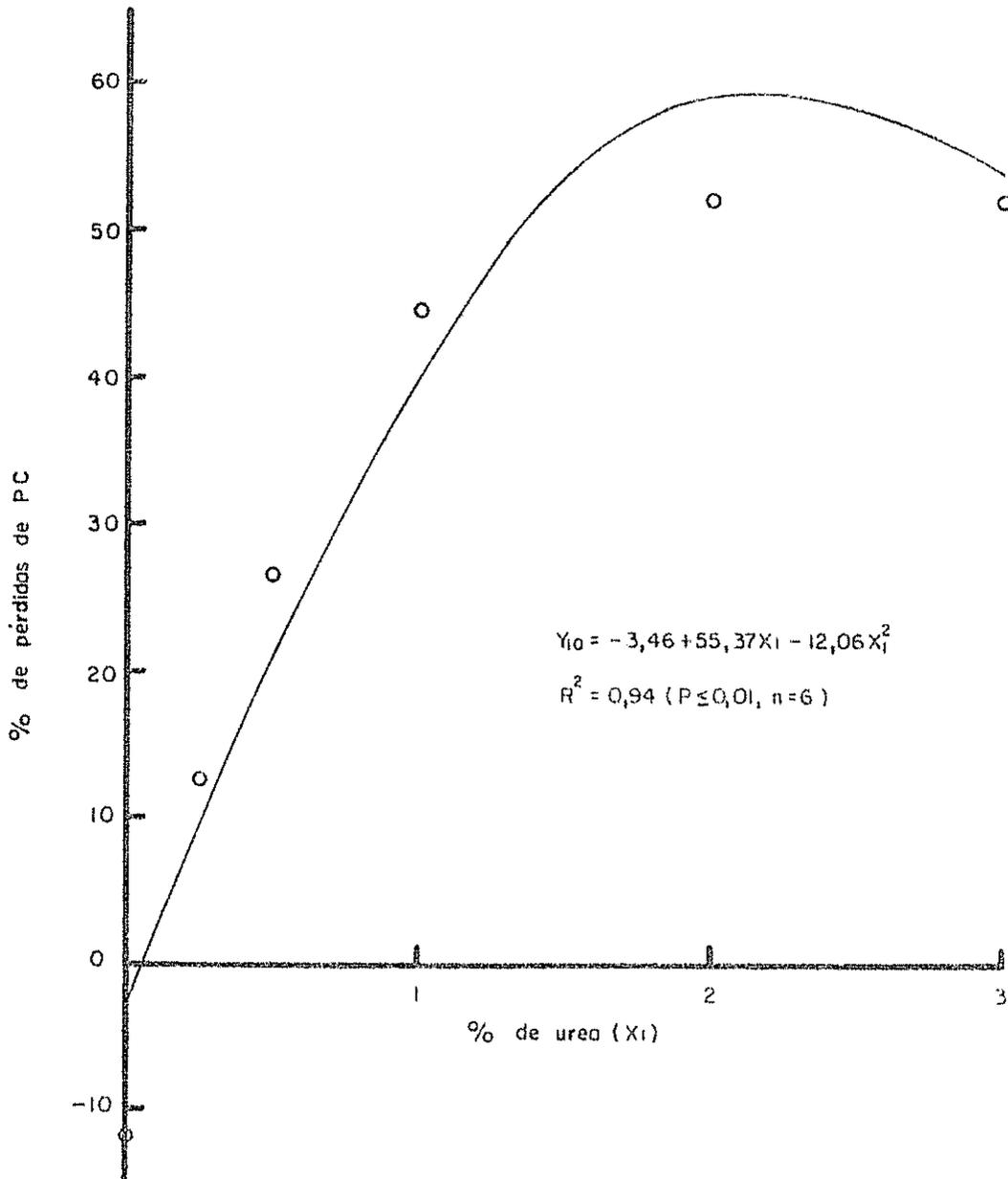


Fig. 10 Efecto del nivel de urea (X_1) en relación al porcentaje de pérdidas de proteína cruda ($N \times 6,25$) de los ensilajes

añadido. La función Y_{11} expresa un alto ajuste a los datos observados en la Fig. 11:

$$Y_{11} = 55,29 - 4,63X_2$$

$$R^2 = 0,95 \quad (P \leq 0,01, \quad n = 6)$$

En la ausencia de melaza las pérdidas fueron del 53 por ciento del N original, reduciéndose linealmente hasta alcanzar un valor de solo 7 por ciento con el máximo nivel de melaza utilizado. Una posibilidad de esta acción conservadora podría ser el enriquecimiento energético, impartido por la melaza, el cual a su vez promovería un mayor desarrollo bacterial, mayor actividad sintética y, por lo tanto, mayor utilización del N inorgánico para síntesis de proteínas y ácidos nucleicos microbianos. La consecuencia de esto sería una menor cantidad de N perdido. Sin embargo, aún cuando este efecto haya ocurrido es improbable que explique totalmente el grado de reducción de pérdidas que se observan en la Fig. 11. Otra posible acción de la melaza podría ser la disminución de la tasa de ureólisis disminuyendo las probabilidades de pérdidas de $N-NH_3$. Con todo lo dicho, es recomendable que futuros estudios determinen las verdaderas causas de estas observaciones.

4.1.6 Materia seca

El efecto del nivel de urea y melaza sobre el porcentaje de MS, se ilustra en la Fig. 7, resultante de la siguiente función:

$$Y_7 = 27,53 - 0,14X_1 + 0,32X_2 + 0,06X_1X_2$$

$$R^2 = 0,89 \quad (P \leq 0,01, \quad n = 36)$$

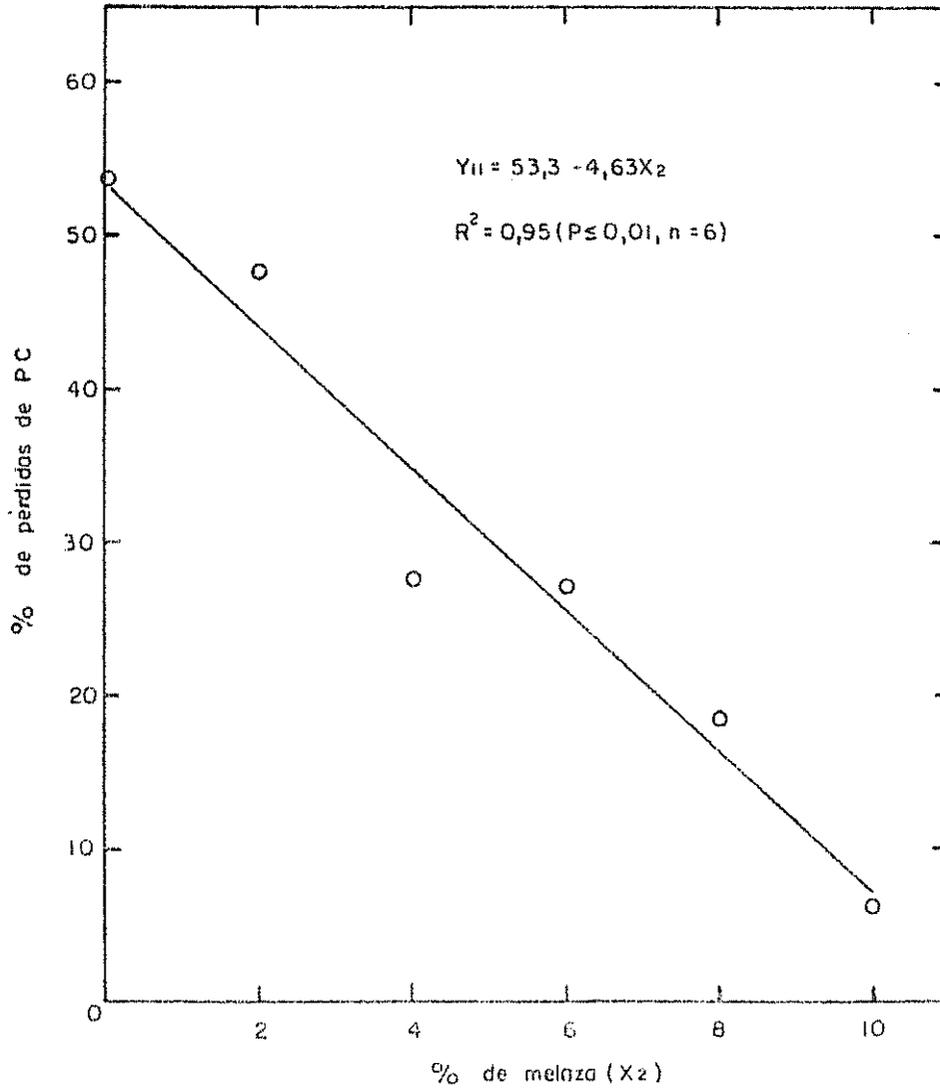


Fig. II Efecto del nivel de melaza en relación al porcentaje de pérdidas de proteína cruda ($N \times 6,25$) de los ensilajes

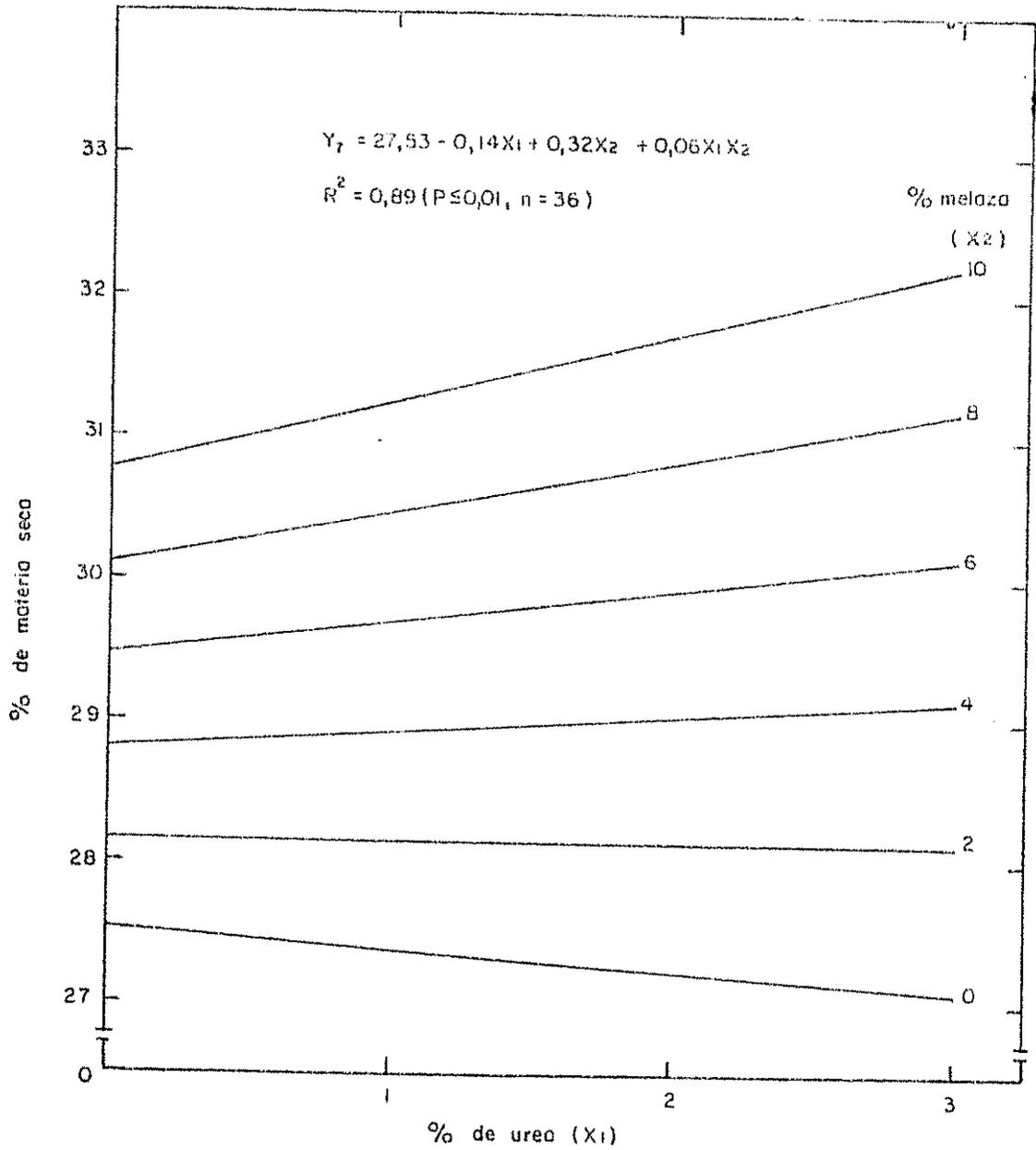


Fig. 7 Porcentaje de materia seca según el nivel de urea y melaza

Los efectos de la urea y de la melaza sobre el porcentaje de MS no son elevados ya que oscilan para todos los niveles entre el 27 y el 32 por ciento.

Es conocido que el porcentaje de MS de los ensilajes disminuye en referencia al forraje verde original en condiciones de alta compactación y drenaje (38). Esto se debe a los cambios bioquímicos en la fermentación que ocasionan pérdidas de nutrientes (44). Estas pérdidas de MS ocurren por respiración (pérdidas aeróbicas), por fermentación (pérdidas anaeróbicas) y por efluentes. Pueden ocurrir además, pérdidas adicionales de MS por fermentaciones secundarias (1).

En este trabajo, el agregado de cantidades crecientes de melaza, incrementó el porcentaje de MS total al incorporar un aditivo elevado en MS (la melaza tiene 81 por ciento de MS) (38, 50). También niveles de urea en presencia de melaza causaron una elevación de la concentración de MS. Esto fue debido, a que a partir del nivel 4 por ciento de melaza la urea se disolvió en una cantidad igual de agua, resultando en una solución de 50 por ciento de MS (sin considerar la melaza), superior a la concentración de MS en el forraje verde. Por lo tanto, la adición de cantidades crecientes de urea significaba la elevación del promedio general de MS en la mezcla final. El uso de pequeñas cantidades de agua para diluir la urea fue posible debido a la presencia de melaza la cual actúa como un diluyente de la urea.

En ausencia o con solo el 2 por ciento de melaza, fue necesario emplear más del doble de la cantidad de agua en referencia al peso de la urea.

Los resultados obtenidos en este estudio confirman los encontrados en una investigación con caña de azúcar (38), que informa que tanto

la urea como la melaza resultan en un incremento de la concentración de MS. Sin embargo, en contraste con los resultados de este trabajo, en esa investigación se encontró también que el ensilaje de caña sin aditivos disminuía su contenido de MS en relación con su contenido en estado verde antes de ser ensilada.

4.1.7 Digestibilidad de la materia seca (DMS)

Debido a la gran dispersión de los datos individuales, no se analizaron los cambios en la DMS en función de la melaza y urea simultáneamente, aunque el índice de regresión era significativo. Por lo tanto, se realizaron los estudios de regresión independientemente.

Se analizaron los cambios porcentuales de la digestibilidad de la MS, en relación con los niveles de urea incorporados (X_1), mediante la función siguiente y que se ilustra en la Fig. 8:

$$Y_8 = 44,9 + 2,03X_1$$

$$R^2 = 0,77 \text{ (} P \leq 0,05, \text{ n} = 6 \text{)}$$

Se observa que para niveles crecientes de urea, ocurre un incremento lineal de la MS. Aunque algunos trabajos (25) no determinan cambios en la DMS por efecto de la urea a bajos niveles, otros confirman el efecto positivo de la urea utilizada en ensilajes de pasto elefante (5) y rastrojos de maíz (13). Los valores de digestibilidad obtenidos en este estudio, aunque bajos, son similares a los obtenidos con ensilaje de sorgo forrajero, 50 por ciento (69), pasto elefante, 38 por ciento (5), *Saccharum sinense*, 42 por ciento (53) y rastrojos de maíz, 49 por ciento (13).

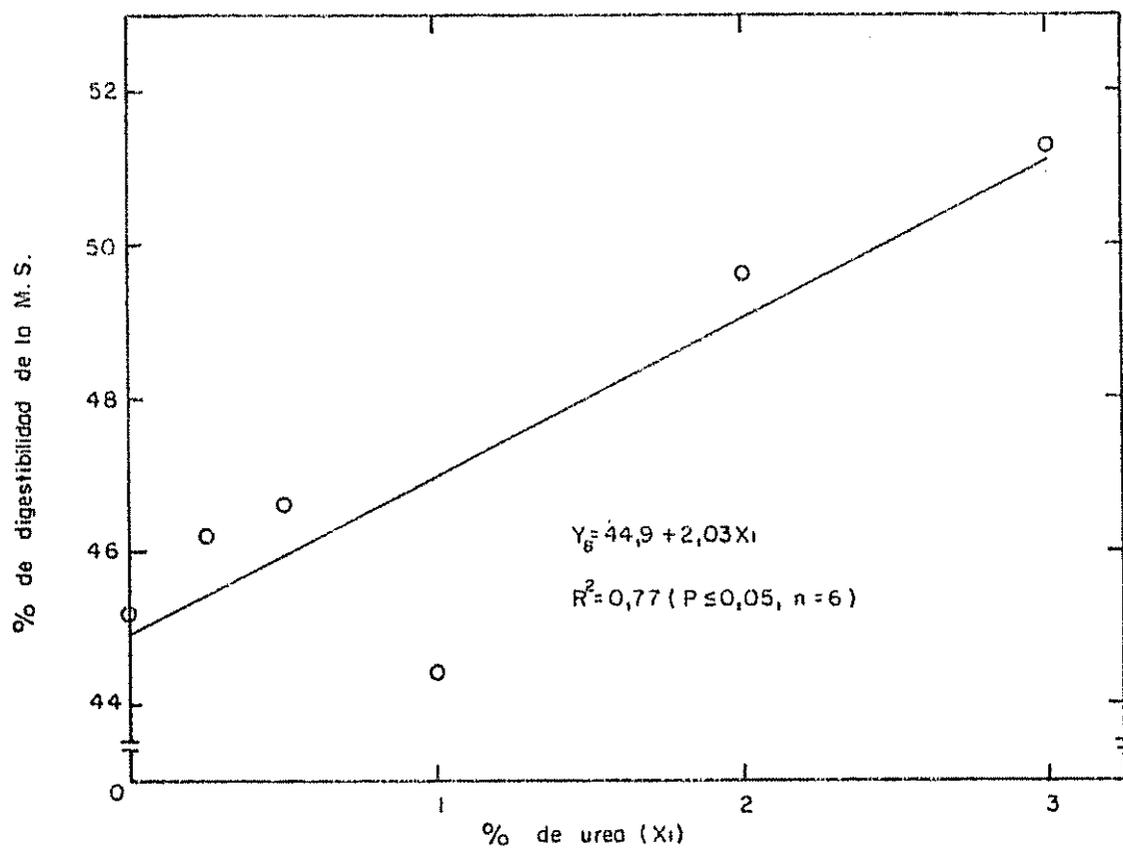


Fig. 8 Efecto del nivel de urea sobre la digestibilidad de la M.S.

Un aumento en el nivel de digestibilidad en respuesta a la urea, puede haber sido causado por una mejor nutrición nitrogenada de las bacterias *in vitro*, lográndose un incremento en sus actividades digestivas.

La función Y_9 , Fig. 9, relaciona la digestibilidad de la MS con los niveles de melaza utilizados (X_2):

$$Y_9 = 42,5 + 0,95X_2$$

$$R^2 = 0,84 \text{ (} P \leq 0,01, \text{ n} = 6 \text{)}$$

Al igual que la urea, la melaza incrementa linealmente los porcentajes de digestibilidad de la MS, la magnitud del incremento es similar a lo ocurrido por efecto de la urea (Y_8). En este caso, la melaza aumentó la digestibilidad mecánicamente dado que ésta es totalmente soluble y rápidamente fermentable, elevando así el promedio de digestibilidad de la MS total. A través de un cálculo asignado con valor de digestibilidad de la melaza de 90 a 95 por ciento, las respuestas observadas en la Fig. 9 son predecibles por efecto de simple agregado de materia digestible. Es decir, la melaza no ocasiona ningún cambio en la digestibilidad del pasto *per se*.

En general, la digestibilidad del forraje ensilado, está condicionada por la especie utilizada, el estado vegetativo y las relaciones entre el contenido celular, la pared y su composición (71). El *Saccharum sinense* es un forraje de bajo contenido de PC y carbohidratos solubles y elevados porcentajes de pared celular (80%), esto determinó la respuesta positiva a la urea y la melaza al suministrar éstos los nutrientes para el desarrollo microbial y por consiguiente la capacidad

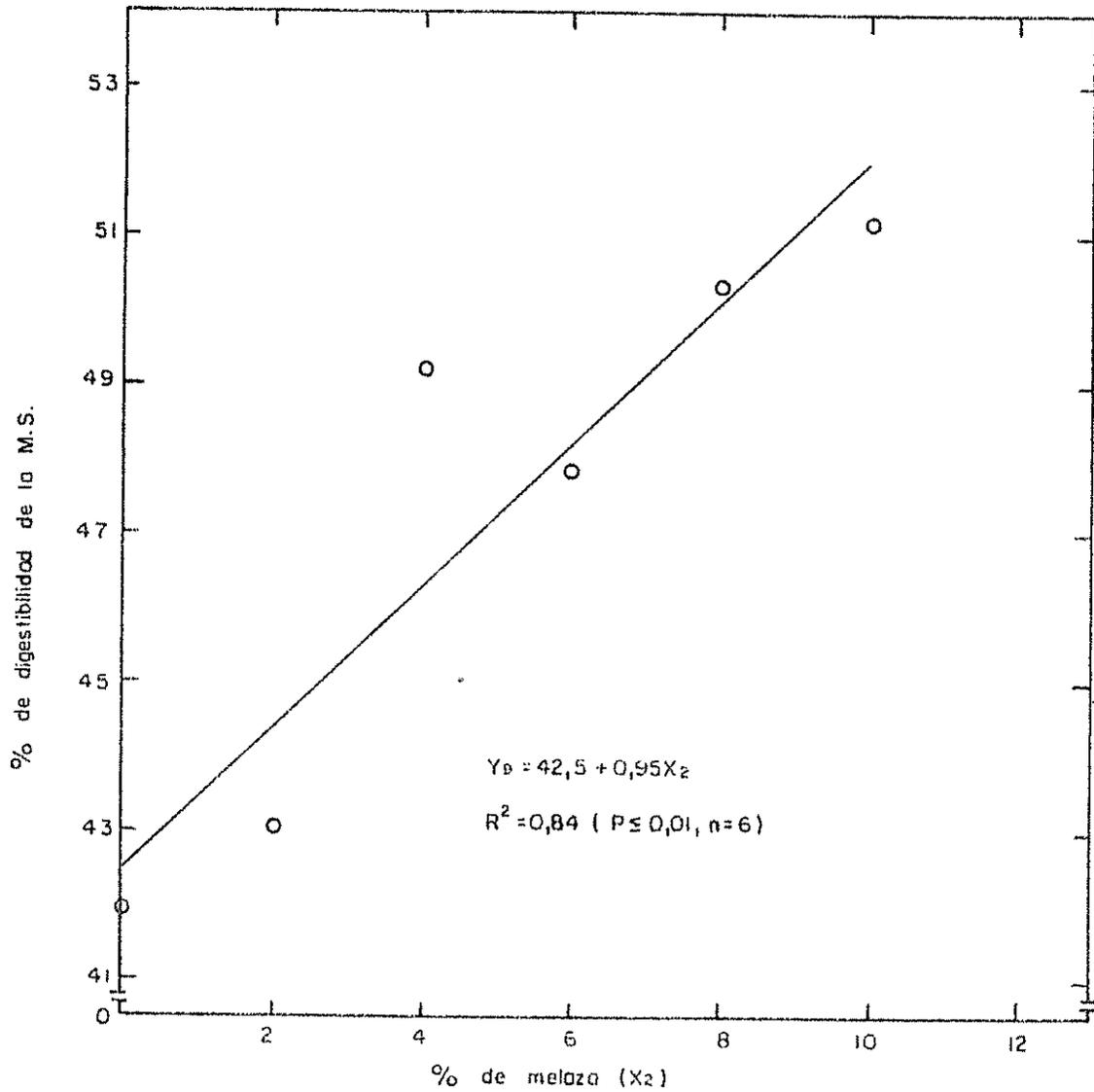


Fig. 9 Efecto de nivel de melaza sobre la digestibilidad de la M.S.

digestiva de esa flora (21).

Las Figs. 8 y 9 no indican el valor de DMS del ensilaje en la ausencia de ambos aditivos (en la Fig. 8, el nivel promedio de melaza es del 5 por ciento, en la Fig. 9 todos los datos están asociados con un nivel promedio de 1.125 de urea). La DMS del ensilaje sin aditivos fue de 38,8 por ciento, es decir, sólo 1,7 unidades menor que la DMS del forraje fresco sin ensilar (Cuadro 1A). Esta reducción está de acuerdo con observaciones de otros investigadores (19, 71). Es de notar que la digestibilidad del pasto fresco se puede mejorar en un 25 por ciento con el proceso de ensilaje con altos niveles de urea.

4.1.8 Otros parámetros

En el Apéndice se presentan los resultados de los análisis de cenizas totales, extracto etéreo, pared celular, contenido celular, proteína de la pared y cenizas de la pared. Las fracciones que corresponden a porciones estructurales del forraje no sufrieron alteración por el ensilaje. Los restantes constituyentes que se mencionan, no presentaron tendencias definidas al análisis estadístico.

4.2 Ensilajes de campo

4.2.1 Caracterizaciones físicas

Cuando se realizó la evaluación organoléptica, los ensilajes presentaron colores entre verde oscuro a marrón oscuro. Los ensilajes de color oscuro correspondieron a los tratamientos 1,0-4 y 2,0-8 que se realizaron en San Francisco de Veraguas. Las características de olor y textura mostraron relación con los tratamientos homólogos realizados en

microsilos.

Los controles de temperatura se realizaron durante los 10 primeros días, considerados como de intensidad respiratoria y fermentativa (29, 32, 49, 50), estas temperaturas y las ambientales, se presentan en el Cuadro 9A del Apéndice. La máxima temperatura registrada fue de 42°C que puede considerarse normal en condiciones de campo (51, 74).

Sin embargo, al momento de la apertura y durante la utilización de los silos, los ensilajes de coloraciones oscuras presentaban elevadas temperaturas al tacto que indicaban la ocurrencia de una intensa fermentación, probablemente de tipo aeróbica. Los tratamientos 1,0-4 y 2,0-8 fueron los más afectados por estas características pudiendo apreciarse en ellos porciones de material quemado. Especialmente en estos dos silos, pudieron haber ocurrido fuertes fermentaciones aeróbicas o clostridiales (1, 43). Esto incrementó notablemente las pérdidas físicas del forraje por oxidación, además de las que normalmente ocurren por fermentación anaeróbica (12, 44).

Aunque se tomaron precauciones en cuanto al registro de las temperaturas al centro del silo y durante 10 días posteriores al cierre según recomendaciones (29, 51, 74), hubiera sido conveniente efectuar los controles durante todo el tiempo de permanencia del ensilaje para establecer los períodos de estabilización anaeróbica y lograr detectar el inicio de cualquier fermentación aeróbica en asociación con cualquier daño de la cobertura del silo causante de este tipo de fermentación. Este procedimiento ya ha sido recomendado por otros (1, 11, 12, 29).

En trabajos realizados con el agregado de aditivos (50), no se han encontrado diferencias entre temperaturas de fermentación por efecto

de la urea y melaza, siempre que se mantengan las condiciones de anaerobiosis durante el proceso. Estos estudios se realizaron midiendo las temperaturas máximas y duración de las mismas hasta la estabilización (50).

4.2.2 Caracterización química

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de las distintas fracciones químicas analizadas en los ensilajes de campo y se incluyen en este cuadro los análisis del forraje verde y de los ensilajes rechazados durante la prueba de consumo.

Las determinaciones de pH, materia seca, proteína cruda y $N-NH_3$ muestran las tendencias generales ya presentadas y discutidas en el inciso correspondiente a los microsilos.

Aunque las concentraciones de los ácidos orgánicos formados fueron bajas, se advierte la prevalencia del ácido acético sobre la suma de los restantes ácidos, es decir, ocurrió lo mismo que ya fue observado en los microsilos. Los tratamientos 1,0-4 y 2,0-8 presentaron elevados tenores de ácido butírico (1,32 y 2,23% de la MS, respectivamente), concomitante a elevadas concentraciones de ácido láctico. Nuevamente, esta asociación también fue notada al discutir los resultados de los microsilos.

La digestibilidad de la MS se incrementó por efecto de los aditivos en mayor proporción que los ensilajes en microsilos, en relación con la digestibilidad del forraje verde original. Cuantitativamente, estos incrementos sobre la digestibilidad de la MS del forraje original fueron del 44 por ciento para el tratamiento 0-0, 76 por ciento para el

Cuadro 7. Composición del forraje verde y de los ensilajes utilizados en las pruebas de consumo.

	E N S I L A J E S													
	Forraje verde (FV)		(0,0-0)		(0,25-2)		(0,5-4)		(0,5-6)		(1,0-6)		(1,0-4) (2,0-8)	
	O ^a /	R ^b /	O	R	O	R	O	R	O	R	O	R	O	R
Materia seca	18,2	24,9	28,6	30,4	29,8	39,0	30,1	41,4	26,2	40,7	26,3	35,6	28,3	32,7
pH			3,8		4,1		4,6		4,5		4,8		6,6	6,7
Proteína cruda	9,6	5,7	5,4	3,3	5,2	4,8	6,5	4,8	10,9	9,7	14,7	13,3	7,2	12,8
Nitrógen amoniacal			0,10		0,12		0,15		0,17		0,19		0,13	0,16
Acido acético					1,05		1,13		1,56		1,14		1,02	1,25
Acido butírico					0,03		0,76		0,02		0,40		1,32	2,23
Acido láctico					0,02		0,37		0,00		0,21		1,83	1,22
Digestibilidad de la MS	65,6	49,9	59,4	44,7	48,1	40,8	51,4	39,8	72,1	63,7	72,9	66,1	39,0	58,1

a/ y b/ Ofrecido y rechazado, respectivamente.

c/ No se realizó prueba por falta de consumo.

tratamiento 0,5-6, 78 por ciento para el tratamiento 1,0-6 y 31 por ciento para el tratamiento 2,0-8.

Se observan en los ensilajes cierta similitud en los resultados de los análisis entre los silos construidos en la misma localidad. Esto indica que, independientemente de los aditivos, las condiciones del ensilado (llenado, compactación y cohertura) inciden sobre las condiciones posteriores del proceso (43).

4.2.3 Correlaciones entre ensilajes de campo y laboratorio

Uno de los objetivos de este trabajo fue el de relacionar las características de los microensilajes con sus idénticos replicados a nivel de campo. Esto daría idea de la confiabilidad de las predicciones cualitativas, para el forraje en estudio y bajo las condiciones tropicales.

Mediante una matriz completa de correlación, se compararon ocho parámetros químicos de ensilajes de campo y laboratorio. Solamente se presentan en el Cuadro 8 los de mayor importancia como elementos cualitativos de predicción.

Cuadro 8. Correlaciones para los parámetros químicos y de digestibilidad, entre los ensilajes de campo y laboratorio.

Parámetros	Coefficiente de correlación (r)
Materia seca	0,94*
pH	0,88
Proteína cruda	0,94*
Nitrógeno amoniacal	0,25
Digestibilidad de MS	0,85

*Significativo, $P \leq 0,10$

Al comparar solamente los ensilajes de laboratorio con los ensilajes de campo realizados con forrajes similares, se redujo el número de observaciones. Esto fue debido a que el estado de madurez del forraje usado en los microsilos era similar al del forraje empleado en los tratamientos 1,0-4; 2,0-8; 0,5-4 y 0,25-2. Debido al poco número de observaciones, los coeficientes de correlación no alcanzaron significancia a un nivel más alto de probabilidad. En todo caso, los valores son elevados y demuestran que sí pueden utilizarse los microsilos como un medio de evaluación preliminar de tratamientos en ensilajes.

Estos resultados pudieron verse afectados por la diferencia en el tiempo de ensilado siendo de 35 días para los microsilos y 140 días para los silos de campo. Además, los efectos climáticos pudieron haber ocasionado en los de campo oxidaciones y fermentaciones secundarias.

Algunos investigadores han relacionado ensilajes a nivel micro y macro, concluyendo que sus diferencias no están bien establecidas (11, 71). Sin embargo, se han obtenido altas correlaciones ($P \leq 0,001$) en comparaciones entre microsilos de distintos tipos y capacidad, para ciertos constituyentes químicos (71).

4.2.4 Recuperación de MS y PC en los ensilajes de campo

En el análisis de eficiencia de los ensilajes, debe considerarse el flujo del forraje hasta el silo y posteriormente su utilización por los animales, a fin de cuantificar las pérdidas que ocurren en cada una de las etapas. En el Cuadro 9 se presentan las pérdidas totales de MS y PC durante el proceso del ensilaje y por rechazo de los animales; estos datos resultaron de las determinaciones de consumo y producción que se discuten más adelante.

Cuadro 9. Relaciones entre MS y PC ensilada y recuperada.

Item	T R A T A M I E N T O S					
	(0,25-2)	(0,5-4)	(0,5-6)	(1,0-6)	(1,0-4) ^{a/}	(2,0-8) ^{a/}
Materia verde ensilada (kg)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Densidad inicial (kg/m ³)	436	436	440	440	452	452
Densidad final (kg/m ³)	680	680	700	700	692	692
<u>MS ensilada:</u>						
Del pasto (kg)	286	286	238	238	276	276
De los aditivos (kg)	19	37	54	59	42	85
Total (kg)	305	323	292	297	318	361
<u>Pérdidas de MS:</u>						
Durante proceso (kg)	70	75	73	73	107	132
Durante proceso (%)	22,9	23,2	24,9	24,5	33,6	36,7
Recuperada (kg)	235	248	219	224	211	229
Recuperada (%)	77,1	76,8	75,1	75,5	66,4	66,3
Rechazada/animal (%)	20,3	19,0	9,7	15,8	--	--
Consumida/animal (%)	56,8	57,8	65,4	60,2	--	--
<u>PC ensilada:</u>						
Del pasto (kg)	8,8	8,8	10,8	10,8	9,0	9,0
De los aditivos (kg)	7,2	14,7	15,0	28,8	28,8	57,6
Total (kg)	16,0	23,5	25,8	39,6	37,8	66,6
<u>Pérdidas de PC:</u>						
Durante proceso (kg)	4,0	7,3	1,9	6,6	22,6	37,2
Durante proceso (%)	24,9	31,2	7,4	16,7	59,7	55,9
Recuperada (kg)	12,0	16,2	23,9	33,0	15,2	29,4
Recuperada (%)	75,1	68,8	92,6	83,3	40,3	44,1
Rechazada/animal (%)	12,5	11,8	12,6	27,8	--	--
Consumida/animal (%)	87,5	82,2	87,4	72,2	--	--

^{a/} No se realizaron pruebas de consumo.

No se presentan los valores de consumo para los tratamientos 1,0-4 y 2,0-8 debido a que los animales rehusaron aceptarlos.

Para los cálculos se utilizaron las observaciones cuantitativas de pérdidas y los valores de composición química determinados en laboratorio.

Puede verse en el Cuadro 9 los valores de densidad inicial y final de utilidad para calcular el agregado de aditivos sobre base fresca y dimensionar la capacidad de los silos a utilizarse. Las pérdidas de MS durante el proceso oscilan entre el 23 a 37 por ciento del total ensilado, estas cifras están dentro de las usuales para este tipo de silos. Se han encontrado pérdidas del 22 por ciento de la MS en silos aéreos de sorgo de 75 TM (50), mientras que con ensilajes de caña de azúcar de 10 TM con aditivos, Alvarez Priego y Preston (2), encontraron elevadas pérdidas físicas que los autores atribuyen a la deficiente compactación. En otro trabajo se comenta que puede perderse hasta el 73 por ciento de la MS del forraje original cuando se trata de ensilajes con elevado pH. Estas altas pérdidas ocurren por respiración aeróbica y no por fermentaciones anaeróbicas (44, 74).

Los aditivos pueden aparentemente, elevar las pérdidas no solo de MS sino también de PC. Esto ocurrió en un trabajo con ensilajes de sorgo en el que en la ausencia de aditivos se presentaron pérdidas del 31 por ciento de la MS y 35 por ciento de la PC mientras que con el agregado de 0,5 por ciento de urea y 3 por ciento de melaza, se incrementaron al 35 por ciento de MS y 66 por ciento de PC (50).

En el Cuadro 9 se presentan las pérdidas de la PC con respecto a la ensilada, que varía entre el 7 por ciento al 60 por ciento.

Las características de los forrajes tropicales como su baja densidad, ocasionada por su elevada porosidad y permeabilidad, determinan pérdidas considerables por oxidaciones durante el manejo del silo después de abierto (11). Esto indica que debe manejarse los ensilajes tropicales en forma distinta. Aunque en estos silos de campo pudiera haber efecto de los aditivos (urea especialmente), sobre las pérdidas, como lo observado en microensilajes, la operación del ensilado parece jugar un papel determinante de las mismas. Esto se aprecia al comparar distintos tratamientos en cada localidad que muestran valores bastantes similares entre sí. Sin embargo, como ya se hizo notar previamente, los ensilajes de San Francisco no fueron aceptados por los animales lo que en efecto determinó una pérdida del 100 por ciento, sin importar que es lo que ocurrió desde el punto de vista de pérdidas durante el proceso de fermentación.

4.3 Pruebas de comportamiento animal

Se realizaron las pruebas de consumo para evaluar la aceptabilidad de los ensilajes y predecir los consumos. Paralelamente, se midió la producción de leche vendible (exceptuando la consumida por el ternero) y se determinó su composición a fin de analizar la calidad del producto durante la prueba. En el Cuadro 10 se presentan los resultados obtenidos, que se expresan en distintas medidas para el consumo voluntario de MS y PC para mejor interpretación.

Es evidente la superioridad de los valores obtenidos con el forraje fresco en relación a cualquier ensilaje. Esto coincide con observaciones de otros investigadores (7, 9, 11, 18, 19, 48). Comparando el consumo de MS y PC/100 kg PV/día del forraje verde contra el de ensilaje sin

Cuadro 10. Comportamiento animal durante las pruebas de consumo.

	T R A T A M I E N T O S					
	(FV)	(0-0)	(0,25-2)	(0,5-4)	(0,5-6)	(1,0-6)
Peso vivo (kg) ^{a/}	324	356	356	352	453	399
MS del forraje (%)	18,20	28,58	29,79	30,05	26,25	26,28
DIVMS (%)	65,58	59,36	48,05	51,37	72,09	72,94
<u>Consumo voluntario</u>						
MS total (kg/animal/ día)	5,62	4,69	4,18	5,44	6,30	5,35
g MS/kg W ^{0,75}	73,59	46,90	51,18	66,94	64,16	59,93
kg MS/100 kg PV	1,73	1,32	1,17	1,54	1,39	1,34
g PC/100 kg PV	167	71	60	100	152	197

^{a/} Peso vivo promedio en la mitad de la prueba.

aditivos, el primero es superior en un 24 y 57 por ciento, respectivamente.

No se observaron incrementos significativos del consumo de MS por aumentos en las proporciones de aditivos. En algunos experimentos, la incorporación de aditivos nitrogenados aumentaron el consumo de ensilajes de caña de azúcar (48) y varias gramíneas (18), mientras que en otros experimentos, los aditivos no han influido en el consumo de ensilaje de maíz (33, 59, 65). Las proporciones crecientes de urea y melaza utilizadas muestran una tendencia definida en el incremento del consumo de PC contenido en el ensilaje.

Es bien sabido que los ensilajes presentan menor consumo que los forrajes verdes. Este efecto no puede atribuirse a un solo factor

sino a varios que en conjunto ejercen la acción depresora del consumo (70, 71). Se mencionan entre otros factores compuestos nitrogenados en elevadas proporciones (11, 71), altos valores de pH y contenidos de N-NH₃ y mayor retención de la digesta (9).

En general, todos los efectos depresores del consumo están relacionados pudiendo tener acciones acumulativas en el tiempo (71).

Aunque en estas pruebas no se suplementó para obtener niveles de N acordes con los recomendados para lograr un adecuado consumo, los resultados son similares a los obtenidos en pruebas con forrajes tropicales. Por ejemplo, ensilajes de *Cynodon dactylon* suministrado a vacas, resultó en consumos de 1,5 kg MS/100 kg PV y de *Brachiaria mutica* de 1,62 kg MS/100 kg PV (11). Con caña fresca se ha obtenido un consumo de 1,48 kg lo cual es ligeramente superior a consumo de caña ensilada sin aditivos (1,38 kg) y caña ensilada con NH₃ (1,40 kg/100 kg PV) (48). Con ensilajes de maíz se han logrado consumos de 1,29 kg MS/100 kg PV (9). Con ensilajes de sorgo se han determinado consumos de 1,72 kg MS (69).

Estos resultados son inferiores a los obtenidos en regiones templadas con maíz, que mencionan consumos de 2,2 (11) y 2,25 (31) kg de MS/100 kg PV/día.

Considerando el tipo de animales de doble propósito con que se trabajó (tratamientos FV, 0-0, 0,25-2 y 0,5-4), con un promedio de 354 kg de PV, en el tercer o cuarto mes de lactancia, amamantando ternero y produciendo 5 kg de leche/día, los requerimientos tabulados indican necesidades de 8,2 kg/MS/día y 0,75 kg/PC/día. De acuerdo a los consumos obtenidos, los diferentes tratamientos suplirían porcentualmente los

requerimientos según se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Consumo observado de MS y PC en relación con los requerimientos de los animales, según lo establecido por NRC (54).

	(FV)	T R A T A M I E N T O		
		(0-0)	(0,25-2)	(0,5-4)
MS consumida (%)	68,3	57,2	51,0	66,3
PC consumida (%)	72,1	33,7	28,5	46,9

4.3.1 Cantidad y calidad de leche producida

Se presentan en el Cuadro 12 los resultados de las mediciones y análisis de leche. Ya se mencionó que los resultados se presentan para mostrar las características del producto obtenido durante la prueba de consumo y no para asociar el efecto del tratamiento con la cantidad y calidad de la leche producida debido al corto período de observación (15 días).

La cantidad de leche producida por los grupos testigos (T_1 y T_2), permite apreciar la similitud con las producciones obtenidas en los tratamientos analizados (FV, 0-0, 0,25-2, 0,5-4), no obstante ser el consumo en estos tratamientos inferior a los requerimientos nutricionales. Los resultados de los tratamientos 0,5-6 y 1,0-6, muestran elevadas producciones atribuibles a la eficiencia genética de los animales que eran del tipo lechero.

Cuadro 12. Cantidad y calidad^{a/} de la leche vendible producida durante las pruebas de consumo.

Mediciones	T R A T A M I E N T O S								
	(FV)	(0-0)	T ₁ ^{b/}	(0,25-2)	(0,5-4)	T ₂	(0,5-6)	(1,0-6)	T ₃
Leche producida (kg/día)	4,8	3,9	4,4	2,7	3,2	2,9	10,7	9,2	15,6
Peso específico (a 20°C)	1,027	1,028	1,028	1,030	1,029	---	1,028	1,028	1,028
Sólidos totales (%)	11,79	11,97	11,93	12,82	11,38	---	12,26	11,95	12,44
Grasa butírométrica (%)	3,75	3,54	3,40	3,75	2,90	---	3,87	3,55	3,87

^{a/} Los análisis de calidad son promedio de tres determinaciones obtenidas durante la prueba.

^{b/} Testigos para cada par de tratamientos.

Los distintos niveles de urea parece que no afectaron la producción de leche, coincidiendo esta observación con las de otros investigadores (33, 65). Murdoch (52) encontró que la melaza sí puede causar aumentos en la producción de leche, reducciones en el contenido de grasa aunque sin causar cambios en los sólidos no grasos (SNG). El Cuadro 12 no muestra diferencias entre tratamientos para el contenido de SNG y grasa butirométrica. Los valores de SNG se utilizaron para los análisis económicos que se presentan más adelante.

4.4 Análisis económico

Considerando que ingresan al sistema del silo, insumos en concepto de forrajes e insumos operativos, es conveniente analizar sus componentes.

a) Insumos forrajeros: se refiere al forraje y a los aditivos.

La diferencia de costos del forraje ensilable se debe a los costos de implantación (semilla, transporte y siembra), la fertilización que se utiliza, los trabajos de mantenimiento del cultivo y el riego que se practicaba en el cultivo que se usó en los tratamientos 0,5-6 y 1,0-6.

En este análisis se considera un costo por utilización de la tierra de US\$30/ha/año, amortización del cultivo a cinco años con dos cortes/año, costos de cercado y gastos por concepto de mano de obra.

Las diferencias en los costos de los aditivos son, en primer lugar por las cantidades utilizadas pero, además, por el costo del transporte hasta la finca y la diferencia de precios de la urea y la melaza en el mercado.

b) Insumos operativos: se refieren al costo de las instalaciones del silo, el transporte, maquinarias, combustible y la mano de obra utilizada. En los costos de la construcción del silo inciden los precios de los postes utilizados, el alambre, el plástico de cobertura y otros gastos menores.

En el rubro mano de obra se consideraron los jornales utilizados en las operaciones de corte, recolección, el trabajo de picado, apisonado y tapado de los silos. En todos los tratamientos se consideró el valor de US\$3.00/jornal.

El concepto de transporte se refiere al costo por el acarreo del forraje desde el cultivo al silo. El de combustible, al consumo del mismo en las operaciones de picado y el de maquinarias, al alquiler por el uso de la picadora.

Se presenta en el Cuadro 13 un resumen de los conceptos de costos mencionados para los tratamientos de silos parva. Este análisis se utilizará posteriormente para determinar en base a las pérdidas, un balance de costos entre el forraje más los aditivos ensilados, el ensilaje útil recuperado y el ensilaje aprovechable por el animal.

El Cuadro 14 relaciona los costos del material ensilado, considerando las pérdidas, con el costo del ensilaje obtenido en cada tratamiento. Presenta, además, el costo de 1 TM de material ensilado, de ensilaje recuperado y de ensilaje consumido por los animales.

Los tratamientos FV (forraje verde) y 0-0 (ensilaje sin aditivos) no se analizan por no corresponder al tipo de silos que se desarrollaron para este trabajo. Los tratamientos 1,0-4 y 2,0-8 se analizan

Cuadro 13. Análisis económico de los silos^{a/}.

Conceptos económicos	T R A T A M I E N T O S					
	(0,25-2)	(0,5-4)	(0,5-6)	(1,0-6)	(1,0-4)	(2,0-8)
<u>Insumos alimenticios</u>						
Cultivo ensilable	13,1	13,1	5,2	5,2	3,1	3,1
Aditivos (urea-melaza)	7,2	14,6	23,5	35,0	31,0	62,0
<u>Insumos operativos</u>						
Costo del silo	20,9	20,9	34,5	34,5	31,8	31,8
Mano de obra	39,0	39,0	45,0	45,0	63,0	63,0
Maquinaria, combustibles y transporte	16,1	16,1	20,0	20,0	26,2	26,2
Costo total de MS ensilada	96,3	103,7	128,2	139,7	155,1	186,1

a/ Todos los costos se expresan en dólares (US\$).

Cuadro 14. Costos del forraje ensilado y de los ensilajes.

Item	T R A T A M I E N T O S							
	(0,25-2)	(0,5-4)	(0,5-5)	(1,0-6)	(1,0-7) ^{a/}	(2,0-8) ^{a/}		
Total MS ensilada (kg/silo) ^{b/}	2283	2423	2919	2969	3184	3608		
Total MS del ensilaje utilizable (kg/silo)	1759	1861	2191	2241	2114	2283		
MS rechazada en consumo (kg/silo)	357	354	213	354	--	--		
MS útil - MS rechazada (kg/silo)	1402	1507	1978	1887	--	--		
Costo total de MS ensilada ^{b/} (\$/silo)	96,3	103,6	128,2	139,7	155,0	186,0		
<u>Costo de 1 TM de MS</u>								
Pasto + aditivos ensilados (\$)	42,1	42,8	43,9	47,0	48,7	51,5		
Ensilaje útil (\$)	54,7	55,6	58,5	62,3	73,3	81,5		
Consumida por el animal ^{c/} (\$)	68,7	68,8	64,8	74,0	--	--		
<u>Costo 1 TM ensilaje fresco disponible para animal (\$)</u>	20,5	20,7	17,0	19,4	--	--		

a/ No hay resultados de consumo.

b/ Incluye la MS del pasto y de los aditivos.

c/ Se refiere a la MS que ingiere el animal descontando el rechazo. Este podría tener un valor residual al dársele a otros animales.

económicamente en lo referente al silo y ensilajes, pero no en los aspectos de consumo y rechazo por no haberse efectuado la prueba de consumo.

Es de esperarse que en silos de mayor capacidad se reduzcan los costos, aunque los cultivos disponibles en las fincas de lecherías de la región y sus necesidades forrajeras, no justifiquen conservar volúmenes mayores.

Se presenta en el Cuadro 15 las relaciones económicas entre ensilaje consumido y leche producida. El precio de venta considerado es el establecido por la Compañía Panameña de Alimentos, que utiliza el sistema de pago de leche en base al porcentaje de sólidos totales con un sobreprecio para estimular la producción en la época seca (verano). Estos precios son de \$0,175/kg/13% de sólidos totales para la leche de verano y de \$0,155/kg/13% de sólidos para el producto de invierno.

Se menciona al final la relación precio de venta de la-leche: costo del ensilaje consumido, como un índice de eficiencia económica para comparar el costo del ensilaje con un patrón económico estable dentro del sistema productivo de las fincas. Se prescinde de los costos restantes de alimentación y manejo por ser variables en cada caso. Este índice se obtiene de dividir el valor de la leche vendida por día entre el costo de la MS consumida por día. Cuanto mayor sea este índice, mayor será la eficiencia insumo-producto.

Cuadro 15. Relaciones de costo entre ensilajes consumidos y leche producida.

Item	T R A T A M I E N T O S		
	(0,25-2)	(0,5-4)	(0,5-6)
Consumo de MS/animal/día (kg) ^{a/}	4,18	5,44	6,30
Costo de MS consumida (\$) ^{b/}	0,29	0,37	0,41
Promedio leche producida (kg) ^{c/}	2,7	3,2	10,7
Promedio sólidos totales (%)	12,82	11,38	12,26
Precio de 1 kg de leche vendida (\$)	0,172	0,153	0,165
Precio leche vendida animal/día (\$)	0,46	0,49	1,76
Relación leche: ensilaje	1,59	1,32	4,29

a/ Promedio de consumo de MS/animal/día/tratamiento.

b/ Se obtiene en base al costo por kg de MS de ensilaje disponible.

c/ Promedio por animal según tratamiento.

DISCUSION GENERAL

Los resultados obtenidos con los ensilajes de laboratorio, sugieren algunas tendencias en cuanto a las respuestas a los aditivos para los patrones químicos analizados. La urea incrementó el pH final mientras que la melaza tendió a reducirlo, aunque como ya se mencionó, este parámetro no es indicativo de las características del proceso por el efecto dominante de la urea. En la ausencia de aditivos, el ensilaje se estabiliza a un pH de 4,5 que otros investigadores han encontrado como normal (rango 4,5 - 5,0), para ensilajes de forrajes tropicales (1, 11). Para los distintos niveles de aditivos se obtuvieron valores totales de ácidos (acético + láctico + butírico) entre el 1 y 2,5 por ciento. Se corroboraron con estos resultados la importancia del ácido acético como causa principal de la acidez en los ensilajes del pasto Panamá, coincidiendo esto con observaciones en otros trabajos con ensilajes de forrajes tropicales (1, 11, 41). El contenido de este ácido varió desde el 90 al 100 por ciento del total de ácidos. Relacionando los contenidos de ácido acético con el ácido láctico, el láctico representó entre el 0 al 16 por ciento del contenido de acético, según aumentaban los niveles de urea, del 0 al 3 por ciento. En cuanto al butírico, se encontró que la producción de éste variaba casi en forma paralela a la producción de ácido láctico, implicando que la formación del ácido butírico fue por lo menos en parte, consecuencia de la utilización del ácido láctico como sustrato.

La adición de urea y melaza incrementó linealmente los contenidos de PC desde el 3 al 16 por ciento. El mismo efecto se observó para el porcentaje de MS aunque el aumento fue reducido en términos cuantitativos,

desde el 27 al 32 por ciento considerados todos los tratamientos. Consecuentemente, con el aumento de la PC se manifestó una elevación en la producción de $N-NH_3$, aunque la concentración final de este componente fue en todos los casos muy baja debido a las grandes pérdidas por volatilización.

Por efecto de la urea y la melaza, se obtuvieron incrementos lineales de la digestibilidad de la MS. La razón del aumento puede atribuirse a un mejor sustrato para el crecimiento de la población microbiana lo cual resultaría en una mayor degradación de los componentes fibrosos (21) y al hecho que ambos aditivos son altamente solubles aumentando la digestibilidad promedio de toda la mezcla.

De los restantes parámetros de calidad estudiados, en la presencia de urea solo la producción de ácidos orgánicos serían importantes de considerar pues éstos están ligados a la regulación del consumo. Sin embargo, debería ponerse énfasis en los estudios cualitativos de ensilajes tropicales que se realizan en microsilos, en los parámetros de acidez total, ácido acético y ácido láctico y las tendencias de la producción de fracciones no deseables como $N-NH_3$ y ácido butírico. Estos y otros aspectos deben analizarse en distintos tiempos durante el ensilaje y no solamente los productos finales; de esta manera, se podrá interpretar mejor el desarrollo del proceso fermentativo (1, 11).

En los silos de campo se produjeron coloraciones oscuras y elevadas temperaturas al tacto. Aunque los controles en los primeros días no registraban temperaturas mayores de $42^{\circ}C$, las altas temperaturas finales indicaban fermentaciones aeróbicas al momento de su apertura. Esto se asoció con producciones muy reducidas de ácidos orgánicos, aunque

con prevalencia del ácido acético sobre los restantes. Las tendencias en los macrosilos en cuanto a otros parámetros como pH, MS, PC y N-NH₃, fueron las mismas que las presentadas y discutidas para los microsilos. La digestibilidad de la MS también se incrementó por efecto de los aditivos pero en mayor proporción (del 30 al 80 por ciento según el tratamiento), que lo observado en los microensilajes. Consecuentemente, se encontraron altos grados de correlación aunque solo fueron significativos al 10 por ciento las correlaciones de MS y PC, por el escaso número de observaciones.

Las pérdidas de MS y PC en términos del balance entre incorporado y recuperado, se estableció como (a) ensilaje utilizable y como (b) ensilaje consumido. Para todos los tratamientos, las pérdidas de MS durante el proceso oscilaron entre el 23 y 37 por ciento y las de PC entre el 7 al 60 por ciento del material ensilado. La MS perdida por rechazo de los animales fue del 10 al 20 por ciento y la PC rechazada del 12 al 28 por ciento.

El tiempo de estadía del ensilaje aumenta las posibilidades de fermentación sucesivas o secundarias que incrementan las pérdidas totales de tipo aeróbicas, anaeróbicas y por efluentes. Sería conveniente utilizar los ensilajes dentro de los 90 días de realizados. Esto no previene el uso de ensilajes para alimentación de sequía.

El balance de pérdidas de PC sugiere la inconveniencia de la incorporación de aditivos en razón de las elevadas pérdidas y consecuente ineficiencia de recuperación. A juzgar por los cambios en temperaturas (Cuadro 9A), los carbohidratos fermentecibles que aporta la melaza, aparentemente son utilizados parcialmente en los primeros cinco días de fermentación.

Sin embargo, en cantidades elevadas de melaza, aumenta el riesgo de fermentaciones aeróbicas secundarias en caso de rotura de la cobertura e ingreso de aire.

Los resultados del estudio de correlación entre los ensilajes de campo con los de laboratorio, no son concluyentes. Los coeficientes de correlación (r) son relativamente altos para MS, pH, PC y DMS, aunque solo fueran significativos los coeficientes para MS y PC considerando los altos valores de r , pareciera que existe la posibilidad de extrapolar observaciones cualitativas de laboratorio a condiciones de campo.

Se ha corroborado la reducción del consumo voluntario de ensilajes, en relación al pasto verde, siendo esta reducción del orden de un 24 por ciento de la MS y 57 por ciento de la PC.

Las distintas porporciones de aditivos no influyeron el consumo de MS en forma definida, pero la MS consumida aportó cantidades crecientes de PC según se incrementaban los aditivos. Aunque durante las pruebas de consumo no se suministró raciones suplementarias, los valores de consumo obtenidos en los tratamientos no difieren de otras determinaciones para ensilajes tropicales (11, 14, 48, 69). De todas maneras los ensilajes proveyeron entre el 50 al 70 por ciento de la MS requerida por el tipo de animal con que se trabajó. Estos valores concuerdan con los resultados de otros investigadores en cuanto a que parece razonable suministrarse como ensilaje hasta el 60 por ciento de la MS requerida (47). Es necesario tener cautela con estos resultados por la brevedad del período de alimentación.

En cuanto a la cantidad y frecuencia del suministro, es necesario establecer un manejo diferencial para los ensilajes tropicales. Se observó

la conveniencia de aumentar la frecuencia a 3 y 4 veces al día y en las horas de menor temperatura, aumentando en un 20 por ciento el consumo del ensilaje ofrecido. Para regiones templadas se recomienda dos veces al día y un 10 por ciento (7, 31), a un 15 por ciento (9) de exceso en lo ofrecido.

La exposición aeróbica prolongada incrementa el pH y las pérdidas de carbohidratos y reduce el porcentaje de ácido láctico, MS y productos volátiles, disminuyendo el número de microorganismos por gramo de ensilaje (55). Estos resultados se observaron en regiones templadas, esperándose en condiciones tropicales una mayor intensidad de estos efectos.

Las rigurosas condiciones ambientales (altas temperaturas, viento y humedad relativa) ocasionan pérdidas de productos volátiles y oxidaciones de los ensilajes en los comederos (55) que reducen el valor alimenticio y la aceptabilidad por los animales.

El proveer un 20 por ciento de exceso de forraje ocasiona pérdidas mayores por material rechazado. Del 10 al 20 por ciento del total de MS del ensilaje utilizable se pierde por esta práctica. Estas pérdidas alteran el balance insumo-producto del silo y modifican los cálculos económicos.

Se realizó el balance económico para determinar el costo del modelo de silo empleado en relación con los ensilajes utilizables obtenidos y los ensilajes consumidos por el animal. Los mayores niveles de aditivos corresponden a los máximos insumos económicos y a las mínimas eficiencias de recuperación de MS y PC. Si consideramos como ejemplo al ensilaje con menor proporción de aditivos (tratamiento con 0,25 por ciento

de urea y 2 por ciento de melaza), en base a su costo económico y consumo del ensilaje, 1 TM de MS de este ensilaje costaría \$68,80 y proveería el 50 por ciento de la MS requerida por vacas de doble propósito.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo se derivan en aspectos metodológicos y predictivos. Bajo las condiciones en que se realizaron y según los resultados obtenidos, se puede concluir:

1. El sistema de microsilos utilizado resultó eficiente para analizar los comportamientos cualitativos del forraje.
 - a) La adición de urea determina el aumento del pH, ácidos acético, láctico y butírico, $N-NH_3$, MS, PC, DMS y de las pérdidas de PC.
 - b) La adición de melaza induce aumentos en la PC, MS, DMS y reducción de las pérdidas de PC.
 - c) Los constituyentes celulares estructurales y el extracto etéreo carecen de valor en la evaluación de ensilajes.
2. El modelo de silo de campo desarrollado resulta útil para las calificaciones cualitativas y cuantitativas y para pruebas cortas de consumo.
 - a) Los valores de correlación entre los constituyentes químicos de los silos de campo y de laboratorio pueden usarse para definir tendencias pero no para extrapolar sus resultados cuantitativos en condiciones de campo.
 - b) El consumo de MS de los ensilajes es inferior al consumo del mismo forraje sin ensilar.
 - c) Los ensilajes pueden suministrar entre el 50 y 70 por ciento de los requerimientos de MS de vacas de doble propósito.

3. El análisis económico demuestra la alta incidencia de los aditivos sobre los insumos. La no inclusión de éstos en el sistema, reduciría los costos de producción dado que ésta no se vería afectada.

6. RESUMEN

Se realizaron estudios de evaluación del efecto de diferentes niveles de urea y melaza en el ensilado de pasto Panamá (*Saccharum si-nense*). Se utilizaron silos de laboratorio para los estudios cualita-tivos y silos de campo para las pruebas cuantitativas y de comportamien-to animal.

Los silos de laboratorio consistieron en bolsas plásticas con-teniendo 5 kg de forraje fresco picado con varias combinaciones de adi-tivos que respondían a un arreglo factorial de 6 niveles de urea ($X_1 = 0; 0,25; 0,50; 1; 2$ y 3 por ciento) y 6 niveles de melaza ($Y_2 = 0; 2; 4; 6; 8$ y 10 por ciento), en base al peso fresco del pasto.

Los silos de campo fueron de tipo aéreo con capacidades de 7,5 y 10,8 TM. En éstos se estudiaron las siguientes proporciones respecti-vas de urea y melaza por tratamiento: 0-0 (sin aditivos), 0,25-2 (0,25 y 2%), 0,5-4 (0,50 y 4%), 0,5-6 (0,50 y 6%), 1-6 (1 y 6%), 1-4 (1 y 4%) y 2-8 (2 y 8%). Un tratamiento adicional (FV), utilizado en la prueba de consumo, consistió en forraje fresco sin ensilar.

En los silos de laboratorio y de campo se hicieron los estudios cualitativos en base a los parámetros: pH, ácidos orgánicos (láctico, acético y butírico), PC (proteína cruda), N-NH₃, digestibilidad de la MS (materia seca), pared celular, contenido celular, proteína de la pa-red, ceniza de la pared y ceniza total.

En los silos de laboratorio se determinaron las pérdidas de PC por volatilización y en los de campo el balance de pérdidas totales de MS y PC. Además, se establecieron las correlaciones entre los parámetros

químicos de los micro y macroensilajes.

Las pruebas de comportamiento comprendió 6 tratamientos (FV; 0-0; 0,25-2; 0,5-4; 0,5-6 y 1-6), correspondientes a los silos de campo. Los ensilajes 1-4 y 2-8 no se evaluaron con animales por rechazo de éstos. Se utilizaron vacas de doble propósito en los tratamientos FV; 0-0; 0,25-2; y 0,5-4 y tipo lechero en los tratamientos 0,5-6 y 1-6. Se determinó la producción y composición de la leche además del consumo de MS.

Con niveles crecientes de urea se incrementaron linealmente los valores de pH; PC total y $N-NH_3$ y cuadráticamente los valores de los ácidos orgánicos, DMS y las pérdidas de PC total. Con excepción del ácido butírico, la máxima fue alcanzada con el nivel de 2 por ciento de urea. El ácido butírico alcanzó su máximo valor (0,4 %) con un nivel de urea de 0,8 por ciento. El principal ácido formado fue el acético, observándose valores hasta 2,0 por ciento. La concentración de ácido láctico fue muy baja, con solo 0,67 por ciento como valor máximo. La melaza indujo aumentos en el nivel de PC, y DMS y reducción de las pérdidas de PC. Los cambios que se determinaron en los parámetros de calidad fueron de escasa magnitud, sugiriéndose la ineficiencia de los aditivos para inducir mejoramientos cualitativos de importancia en el ensilaje.

El análisis de las fracciones químicas en los ensilajes de campo mostraron las mismas tendencias que los de laboratorio. Las correlaciones (r) entre ellos fueron: % MS (0,94), pH (0,88), % PC total (0,94) y % DMS (0,85). Solo se alcanzó significancia ($P \leq 0,10$) para las correlaciones de % MS y % PC.

El balance de pérdidas de MS y PC en los silos de campo indican pérdidas entre el 23 y 37 por ciento de MS y pérdidas entre el 7 al 60 por ciento de la PC en el proceso de ensilaje. La MS consumida fue del 57 al 65 por ciento y la PC del 72 al 87 por ciento, en relación con el ensilaje recuperado que fue ofrecido a los animales.

Los consumos de MS fueron bajos, siendo mayor el consumo de forraje sin ensilar (1,73 kg MS/100 kg de P.V.) en comparación con consumos entre 1,17 y 1,54 kg MS/100 kg de P.V. para los restantes tratamientos. No se observaron diferencias marcadas en el consumo entre los ensilajes con distintas proporciones de aditivos, como tampoco en la cantidad y calidad de la leche producida. La producción promedio de leche en las vacas de doble propósito fue de 3,6 litros/vaca/día con 3,5 por ciento de grasa. Las vacas encastadas de Holstein produjeron 10,0 litros de leche/vaca/día con 3,7 por ciento de grasa. Esta producción fue 36 por ciento inferior a la observada con vacas de encaste similar pero alimentadas con concentrados y ensilaje de maíz.

El análisis económico reveló que el costo de 1 TM de ensilaje puede variar desde US\$42.10 hasta US\$51.50 dependiendo principalmente de la cantidad de aditivos. Por cada litro de leche vendible producido en las vacas de doble propósito, el costo promedio de alimentación (exclusivamente ensilaje) fue de US\$0.12 indicando ésto que el uso de ensilajes sin aditivos puede jugar un papel decisivo en la alimentación de este tipo de ganado en el período de sequía.

6a. SUMMARY

Several trials were conducted to evaluate the effect of different levels of urea and sugarcane molasses on King grass (*Saccharum sinense*) silage. Laboratory microsilos were used for the qualitative studies while field silos were used for the quantitative and animal performance studies.

Plastic bags were used for the laboratory silos, filled with 5 kg of fresh chopped grass and various combinations of additives resulting from a factorial arrangement with six levels of urea ($X_1 = 0; 0.25; 0.50; 1; 2$ and 3 per cent) and six levels of molasses ($X_2 = 0; 2; 4; 6; 8$ and 10 per cent), calculated on fresh grass basis.

The field silos were of the aerial type with capacities varying from 7.5 to 10.0 MT. With these silos, the following respective proportions of urea and molasses were studied: 0-0 (no additives), 0.25-2 (0.25 and 2%), 0.5-4 (0.50 and 4%), 0.5-6 (0.50 and 6%), 1-6 (1 and 6%), 1-4 (1 and 4%) and 2-8 (2 and 8%). An additional treatment was included in the voluntary intake trial, which consisted of fresh unensiled grass (FG).

In both laboratory and field silos, the qualitative studies were based on the following parameters: pH, organic acids (lactic, acetic and butyric), CP (crude protein), $N-NH_3$, dry matter (DM), digestibility, cell wall, cell content, cell wall protein, cell wall ash and total ash.

Losses of CP by volatilization were calculated in the laboratory silos while the field silos served to calculate total losses of

DM and CP. In addition, correlation studies were carried out comparing the values of the chemical components analyzed in both laboratory and field silos.

The voluntary intake trial included 6 treatments (FG; 0-0; 0.25-2; 0.5-4; 0.5-6 and 1-6), corresponding to the field silos. The silos with treatments 1-4 and 2-8 were not evaluated due to the lack of acceptance by the animals. Tropical dual-purpose cows were employed in treatments FG; 0-0; 0.25-2; and 0.5-4 while specialized dairy cows were used in treatments 0.5-6 and 1-6. Milk production and its composition were determined in this trial in addition to the DM intake.

Increments of the level of urea resulted in a linear increase in the values of pH, total PC and N-NH₃ and a quadratic increase in the concentrations of the organic acids, DMD and losses of total CP. With the exception of butyric acid, the maximum response was obtained at the 2 per cent urea level. Butyric acid reached its maximum value (0.4%) when urea was 0.8 per cent. The most important acid, quantitatively, was acetic acid with values up to 2.0 per cent, dry basis. Lactic acid concentration was very low throughout all treatments, with only 0.67 per cent, dry basis, as the maximum value. The addition of molasses caused increases in the level of CP and DMD and a reduction in the CP losses. All changes in quality, as judged by the above-mentioned parameters, were of small magnitude and suggest the inefficiency of the additives in inducing important improvements in the quality of King grass silage.

The changes in the chemical components of field silages followed the same trends as described for the laboratory silages. Correlation

values (r) between them were: % DM (0.94), pH (0.88), % total CP (0.94) and % DMS (0.85). Significance ($P \leq 0.10$) was observed only for the % DM and % CP.

The input-output study for DM and CP indicated DM losses between 23 and 37 per cent and CP losses between 7 and 60 per cent during the ensiling process. DM intake ranged from 57 to 65 per cent and CP consumption varied from 72 to 87 per cent with respect to the recovered silage fed to the cows.

DM intake was low, being highest with the unensiled grass (1.73 kg DM/100 kg body weight) while the intake of ensiled grass was only 1.17-1.54 kg DM/100 kg body weight. No marked differences were observed among treatments with respect to intake, milk production or milk composition. The average milk production in the dual-purpose cows was 3.6 liters/cow/day with 3.5 per cent fat. The Holstein upgraded cows produced 10.0 liters/cow/day with 3.7 per cent fat. This production was 36 per cent lower than the level observed in similarly upgraded cows fed concentrates and maize silage.

The economic analysis showed that 1 MT of King grass silage may cost from US\$42.10 to US\$51.50, depending mainly on the amount of additive used. For each liter of saleable milk produced by the dual-purpose cow, the average feed cost (silage, exclusively) amounted to US\$0.12, indicating that the use of silage without additives can play a decisive role in the feeding of this type of cattle during the dry season.

7. LITERATURA CITADA

1. AGUILERA, G. R. Dinámica de la fermentación de ensilajes de hierbas tropicales. I. Elefante candelaria (*P. purpureum*) sin aditivos. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 9(2):235-243. 1975.
2. ALVAREZ, F. J., PRIEGO, A. y PRESTON, T. R. Comportamiento animal en caña de azúcar ensilada. Producción Animal Tropical 2(1):27-33. 1977.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. 11 ed. Washington, D.C., Association of Official Agricultural Chemists, 1970. 1,015 p.
4. BARNETT, A. J. C. Fermentación del ensilado. Madrid, Aguilar, 1957. 208 p.
5. BASTOS VEIGA, J. y CAMPOS, J. Empleo de melaco, pirosulfito de sodio ureia e cama de galinheiro no preparo de silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum). Experimentiae (Brasil) 19(1):1-16. 1975.
6. BATEMAN, J. V. Nutrición animal; manual de métodos analíticos. México, D.F., Herrero, 1970. 458 p.
7. BELYEA, R. L., COPPOCK, C. E., MERRIL, W. G. y SLACK, S. T. Effects of silage based diets on feed intake, milk production, and body weight of dairy cows. Journal of Dairy Science 59(9):1328-1335. 1975.
8. BENACCHIO, S. Niveles de melaza en silo experimental de millo (*Sorghum vulgare*). Agronomía Tropical 14(4):291-297. 1965.
9. CAMPLING, R. C. The intake of hay and silages by cows. Journal of the British Grassland Society 21(1):41-48. 1966.
10. CATCHPOOLE, V. R. Laboratory ensilage of *Setaria sphacelata* (Nandi) with molasses. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 6(20):76-81. 1966.
11. _____ y HENZELL, E. F. Silage and silage-making from tropical herbage species. Herbage Abstracts 41(3):213-221. 1971.
12. COLENBRANDER, V. F., MULLER, L. D. y CUNNINGHAM, M. D. Effects of added urea and ammonium polyphosphate on fermentation of corn stover silages. Journal of Dairy Science 33(5):1097-1101. 1971.
13. _____, MULLER, L. D., WASSON, J. A. y CUNNINGHAM, M. D. Effects of added urea and ammonium polyphosphate to corn stover silages on animal performance. Journal of Dairy Science 33(5):1091-1096. 1971.

14. COLOVOS, N. F., HOLTER, R. M., KOES, R. M., URBAN, W. E. y DAVIS, H. A. Digestibility, nutritive value and intake of ensiled corn plant (*Zea mays*) in cattle and sheep. *Journal of Animal Science* 30(5):819-824. 1970.
15. DAVIS, T. Fodder conservation in Northern Rhodesia. *Journal of Agricultural Science* 61(1):309-328. 1963.
16. DAVIS, J. G. *Foods industries manual, the dairy industry*. London, Leonard Hill, 1962. 720 p.
17. DEMARQUILLY, C. Digestibilité, valeur nutritive et ingestibilité des betteraves de diferentes teneurs en matière sèche. *Annales Zootechniques* 21(3):415-428. 1972.
18. _____. Composition chimique, caracteristiques fermentaires, digestibilité et cuantité ingerée des ensilages de fourrages; modifications par rapport au fourrage vert initial. *Annales Zootechniques* 22(1):1-35. 1973.
19. _____ y ANDRIEU, J. Composition chimique, digestibilité et ingestibilité de la plante de tournesol sur pied et après ensilage. *Annales Zootechniques* 21(2):147-162. 1972.
20. DEVOUYST, A., VERVACK, W., ARNOULD, R., VANBELLE, M., AUSLOOS, M. y MOREELS, A. Modifications de la composition en acides aminés de la luzerne durant l'ensilage. *Annales Zootechniques* 17(4):375-391. 1968.
21. DULPHY, J. P. Influence du mode de conservation des fourrages de graminées sur la vitesse de leur digestion dans le rumen. *Annales Zootechniques* 21(4):525-534. 1972.
22. _____ y DEMARQUILLY, C. Influence de la machine de récolte sur la valeur alimentaire des ensilages. *Annales Zootechniques* 21(2):163-173. 1972.
23. _____ y DEMARQUILLY, C. Influence de la machine de récolte et de la finesse de hachage sur la valeur alimentaire des ensilages. *Annales Zootechniques* 22(2):199-217. 1973.
24. DUTTON, R. E. y OTTERBY, D. E. Nitrogen additions to high moisture corn and its utilization by ruminants. *Journal of Dairy Science* 54(11):1645-1651. 1971.
25. ESCRIVA, J. Estudio sobre la adición de urea al ensilaje de maíz en la alimentación de ovejas. *Anales de Edafología y Agrobiología* 31(9-10):831-837. 1972.

26. FRONTERA, A. R., MORENO, A. H., TORANZOS, M. R. y PEREZ CARABAJAL, H. F. Efectos de la melaza de caña y urea como aditivos del ensilaje de sorgo. Argentina, Universidad Nacional de Tucumán Publicación Miscelánea no. 49. 1973. 23 p.
27. FORBES, T. J. y JACKSON, N. A study of the utilization of silages of different dry-matter content by young beef cattle with or without supplementary barley. Journal of the British Grassland Society 26(4):257-264. 1971.
28. GOMIDE, J. A., ASSIS, F. N. y NASCIMENTO, O. Efeito da adicao de ureia e do tempo de fermentacao sobre as características da silagem de sorgo (*Sorghum vulgare*). Revista Ceres 21(117): 358-365. 1974.
29. GOUET, Ph., RIOU, Y. y BOUSSET-FATIANOFF, N. Conservation par ensilage ou deshidratation d'une orge et d'un maiss immatures. Annales Zootechniques 20(3):275-290. 1971.
30. HARRIS, C. E. y RAYMOND, W. F. The effect of ensiling on crop digestibility. Journal of the British Grassland Society 18(3):204-212. 1963.
31. HEMKEM, R. W., CLARK, N. A., GOERING, H. K. y VANDERSALL, J. H. Nutritive value of corn silage as influenced by grain content. Journal of Dairy Science 54(3):358-389. 1971.
32. HENDERSON, A. R. y McDONALD, P. The effect of delayed sealing on fermentation and losses during ensilage. Journal of the Science of Food and Agriculture 26:653-667. 1975.
33. HUBER, J. T. y THOMAS, J. W. Urea treated corn silage in low protein rations for lactating cows. Journal of Dairy Science 54(2):224-230. 1971.
34. HUGHES, A. D. The non-protein nitrogen composition of grass silages. II. The changes occurring during the storage of silage. Journal of Agricultural Science 75(3):421-431. 1970.
35. JACKSON, N. y FORBES, T. J. The voluntary intake by cattle of four silages differing in dry matter content. Animal Production 12(4):591-599. 1970.
36. JOHNSON, R. R. y McCLURE, K. E. Corn plant maturity; effects on digestibility of corn silage in sheep. Journal of Animal Science 27(2):535-540. 1968.
37. JONES, G. M., DONOFER, E., JAVED, A. H. y GUADREAU, J. M. Intake and digestibility by sheep of wilted alfalfa-timothy or corn silages ensiled at low and high dry matter levels. Journal of Animal Science 33(6):1315-1320. 1971.

38. LARA Y LARA, E. P. Diferentes niveles de melaza y urea en el ensilaje de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1977. 72 p.
39. LOGAN, V. S. y HAYDON, P. S. The effect of moisture content of forage stored in polyvinyl silos on intake and performance of dairy cows. *Canadian Journal Animal Sciences* 44(2):125-131. 1964.
40. LOPEZ, J., JORGENSEN, N. A., NIEDERMEIER, R. P. y LARSEN, H. J. Redistribution of nitrogen in urea-treated and soybean meal-treated corn silage. *Journal of Dairy Science* 53(9):1215-1224. 1970.
41. _____, JORGENSEN, N. A., LARSEN, H. J. y NIEDERMEIER, R. P. Effect of nitrogen source, stage of maturity and fermentation time on pH and organic acid production in corn silage. *Journal of Dairy Science* 53(9):1225-1232. 1970.
42. McDONALD, P., HENDERSON, A. R. y MACGREGOR, A. W. Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 19:125-132. 1968.
43. McDONALD, P., HENDERSON, A. R. y WHINTENBURY, R. The effect of temperature on silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 17:476-480. 1966.
44. _____ y WHINTTENBURY, R. Pérdidas durante el ensilado. In Wilkins, R. J., ed. *Conservación de forrajes*. Traducción al español de P. D. Maluenda. Zaragoza, Acribia. 1970. pp. 106-116.
45. MEJIA, C. E. y PINEDA, M. J. La adición de urea en el valor nutritivo de los ensilajes. I. Variaciones en la proteína. *Revista del Instituto Colombiano Agropecuario* 8(1):1-13. 1973.
46. MILLER, W. J., CLIFTON, C. M. y GENTY, R. P. Comparison of low moisture and unwilted coastal Bermuda grass silages for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 50(8):1262-1272. 1967.
47. MOE, P. W. y TYRREL, H. F. Net energy value for lactation of high and low-protein diets containing corn silage. *Journal of Dairy Science* 55(3):318-324. 1972.
48. MONTPELLIER, F. y PRESTON, T. R. Digestibilidad y consumo voluntario de dietas basadas en caña de azúcar: efecto de picar el tallo en partículas de diferentes tamaños. *Producción Animal Tropical* 2(1):40-44. 1977.

49. MORENO, A. H. y TORANZOS, M. R. Construcción y utilización de una batería de microsilos. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 10(3-4):271-288. 1973.
50. _____, TORANZOS, M. R. y FRONTERA, A. R. Melaza de caña y asociación melaza-urea como mejoradores del ensilaje de sorgo. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*. En prensa. 1974.
51. _____, TORANZOS, M. R. y VALY, E. Costos y evaluación de silos torta de sorgo forrajero vs. silo consociado de sorgo y soja. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*. En prensa. 1974.
52. MURDOCH, J. C. The effect of silage made from grass at different stages of maturity on the yield and composition of milk. *Journal of Dairy Research* 32(3):219-227. 1965.
53. MURILLO, B., FLORES, A., CABEZAS, M. T. y BRESSANI, R. Fraccionamiento de las paredes celulares y digestibilidad *in vitro* de la caña de azúcar ensilada sin y con urea. *In Reunión Internacional sobre la Utilización de la Caña de Azúcar en la Alimentación Animal, Veracruz, México, 1976.* p. 10.
54. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 1971.
55. OHYAMA, Y. y McDONALD, P. The effect of some aditives on aerobic deterioration of silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 26(7):941-948. 1975.
56. OLDFIELD, J. E. Effect of fermentation on the chemical and nutritional value of feeds. *In Effect of processing on the nutritional value of feeds.* National Academy of Sciences. Washington, D.C. 1973. pp. 34-46.
57. ORTIZ, G., CONDES, J., ROBLES, C. y MERINO, H. Estudio comparativo de caña de azúcar, caña japonesa y ensilaje de maíz en la engorda de ganado cebú. México. *In Centro de Experimentación e Investigación Ganadera (CIEG). Informe Anual 1974.* pp. 70-71.
58. PINZON, B. y GONZALEZ, J. Evaluación del pasto King grass (*Saccharum sinensis*) bajo diferentes intervalos de corte y dosis de fertilización nitrogenada. Panamá. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IDIAP), Centro Experimental de Gualaca, 1976. 4 p.
59. POLAN, C. E., HUBER, J. T., SANDY, R. A., HALL, J. W. y MILLER, C.N. Urea treated corn silage as the only forage for lactating cows. *Journal of Dairy Science* 51(9):1445-1449. 1968.

60. PRESTON, T. R., HINOJOSA, C. y MARTINEZ, L. Caña de azúcar integral ensilada sola o con adiciones de amoniaco, miel final y ácidos minerales. México. In Centro de Investigación y Experimentación Ganadera (CIEG). Informe Anual 1974. p. 49.
61. RAVELO, G., MACLEOD, N. A. y PRESTON, T. R. Ensilaje de caña de azúcar, forraje de yuca y urea. *Producción Animal Tropical* 2(1):34-39. 1977.
62. RAYMOND, W. F. Valor alimenticio de los forrajes conservados. In Cherry, M., ed. *Conservación de forrajes*. España, Academia. 1970. pp. 71-76.
63. _____. Algunas tendencias posibles en la conservación de forrajes. In Wilkins, R. J., ed. *Conservación de forrajes*. Traducción al español de P. D. Maluenda. Zaragoza, Acribia. 1970. pp. 196-205.
64. RUIZ VALVERDE, A. Utilización de la gallinaza en la alimentación de bovinos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 86 p.
65. SHIRLEY, J. E., BROWN, L. D., TOMAN, F. R. y STROUBLE, W. H. Influence of varying amounts of urea on the fermentation pattern and nutritive value of corn silage. *Journal of Dairy Science* 55(6):805-810. 1972.
66. TAYLER, J. C. Valor nutritivo de los piensos conservados para los rumiantes. In Wilkins, R. J., ed. *Conservación de forrajes*. Traducción al español de P. D. Maluenda. Zaragoza, Acribia. 1970. pp. 46-61.
67. TERGAS, L. E. Alimentación de verano. Panamá. In Programa de Desarrollo Ganadero 901-PAN, Banco Nacional de Panamá. Informe de Actividades 1975. 10 p.
68. THOMAS, P. T. Los forrajes a conservar. In Cherry, M., ed. *Conservación de forrajes*. España, Academia. 1970. pp. 31-50.
69. TORANZOS, M. R., VALY, E. y MORENO, A. H. Engorde de novillos a corral con silaje de sorgo y suplementación. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 12(3-4):265-282. 1975.
70. WERNLI K., C. El valor nutritivo de los forrajes ensilados. I. Consumo voluntario. *Agricultura Técnica, Chile* 35(1):47-60. 1975.
71. _____. El valor nutritivo de los forrajes ensilados. II. Digestión y eficiencia de utilización. *Agricultura Técnica, Chile* 35(2):101-114. 1975.

72. WILSON, R. F. y WILKINS, R. J. An evaluation of laboratory ensiling techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 23(3):377-385. 1972.
73. _____, TERRY, R. A. y OSBOURN, D. F. A comparison of silages made in polyethylene containers with and without the removal of air by evacuation. *Journal of the British Grassland Society* 24(2):119-122. 1969.
74. YU YU y THOMAS, J. W. Temperature, insoluble nitrogen and animal response to haylage from different vertical areas in the silo. *Journal of Animal Science* 41(3):915-920. 1975.

8. A P E N D I C E

Cuadro 1A. Características químicas del pasto Panamá^{a/}.

Componente	%
Materia seca	27,60
Proteína cruda (N x 6,25)	3,27
Extracto etéreo	0,96
Cenizas totales	8,71
Digestibilidad de la MS	40,48
Pared celular	73,01
Contenido celular	26,99
P. C. de la pared celular	1,21
Cenizas de la pared celular	1,48

^{a/} Composición del forraje utilizado en los silos de laboratorio.

Cuadro 2A. Caracterización química de la melaza^{a/}.

Componente	%
Materia seca	81,88
Proteína cruda (N x 6,25)	3,71
Sacarosa	26,58
°Brix	87,06

^{a/} Composición de la melaza utilizada en los silos de laboratorio y de campo.

Cuadro 3A. Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de cenizas totales de los ensilajes de laboratorio.

X_1	X_2					
	0	2	4	6	8	10
0,0	11,8	7,4	10,2	8,7	8,6	8,0
0,25	9,5	9,4	10,1	7,7	9,1	9,6
0,5	8,9	10,9	8,1	7,7	9,1	7,6
1,0	9,4	9,5	9,4	8,2	8,9	8,9
2,0	8,9	7,4	8,8	7,9	8,1	10,0
3,0	7,7	10,4	8,4	8,0	9,2	9,9

Cuadro 4A. Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de extracto etéreo de los ensilajes de laboratorio.

X_1	X_2					
	0	2	4	6	8	10
0,0	1,06	0,90	0,96	0,73	0,76	1,06
0,25	1,01	0,82	0,75	0,92	1,30	1,97
0,5	1,25	1,31	0,89	1,06	1,40	0,95
1,0	0,75	0,77	1,55	0,81	1,35	0,42
2,0	0,87	0,98	1,54	1,03	1,11	1,51
3,0	1,16	0,97	1,40	1,08	1,09	1,27

Cuadro 5A. Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de pared celular de los ensilajes de laboratorio.

X_1	X_2					
	0	2	4	6	8	10
0,0	79,0	85,1	79,9	78,7	78,9	71,2
0,25	80,1	82,7	78,4	78,4	73,4	70,4
0,5	80,0	82,0	80,7	76,3	74,9	71,3
1,0	81,3	86,0	85,8	74,0	71,5	84,7
2,0	77,8	80,7	80,0	78,9	76,6	66,6
3,0	81,2	79,2	77,2	78,6	76,8	65,8

Cuadro 6A. Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de contenido celular de los ensilajes de laboratorio.

X_1	X_2					
	0	2	4	6	8	10
0,0	21,0	14,9	20,1	21,3	21,1	28,8
0,25	19,9	17,2	21,6	21,6	26,6	29,6
0,5	20,0	18,0	19,3	23,7	25,1	28,7
1,0	18,7	14,0	14,2	26,0	28,5	15,3
2,0	22,2	19,3	20,0	21,0	23,4	23,4
3,0	18,8	20,8	22,8	21,4	23,2	34,2

Cuadro 7A. Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de proteína de la pared celular de los ensilajes de laboratorio.

X_1	X_2					
	0	2	4	6	8	10
0,0	1,67	1,67	1,43	1,42	1,43	2,03
0,25	1,55	1,20	1,67	1,67	1,43	1,67
0,5	1,67	1,55	1,67	1,67	1,80	1,55
1,0	1,20	1,56	1,68	1,19	1,20	1,56
2,0	1,68	1,21	1,45	1,67	2,04	1,68
3,0	1,43	1,44	1,46	1,69	1,91	1,59

Cuadro 8A. Efecto del nivel de urea (X_1) y melaza (X_2) sobre el porcentaje de cenizas de la pared celular de los ensilajes de laboratorio.

X_1	X_2					
	0	2	4	6	8	10
0,0	4,81	3,31	4,68	1,87	3,18	2,79
0,25	3,77	3,59	3,57	2,28	3,18	2,74
0,5	2,11	4,90	3,32	2,15	2,77	2,87
1,0	3,08	2,95	4,31	3,47	1,94	2,45
2,0	3,10	4,04	2,38	2,29	2,66	2,02
3,0	1,94	0,66	3,42	4,50	4,28	2,31

Cuadro 9A. Temperaturas de fermentación de los silos de campo y temperaturas ambientales, °C.

Día	T R A T A M I E N T O S								
	(0,25-2)	(0,5-4)	$A_1^{a/}$	(0,5-6)	(1,0-6)	$A_2^{a/}$	(1,0-4)	(2,0-8)	$A_3^{a/}$
1	38,5	38,5	27,5	33,0	33,0	24,0	35,5	34,5	29,0
2	41,0	39,0	28,5	36,5	36,0	28,0	37,0	37,0	26,0
3	40,0	41,0	30,5	38,0	37,0	30,0	38,0	39,0	27,5
4	40,0	38,0	31,5	39,0	39,0	28,0	38,5	40,5	28,0
5	38,5	37,5	27,5	39,0	39,0	26,0	37,0	40,0	26,5
6	36,5	35,5	27,5	40,0	40,0	34,0	38,0	40,0	26,0
7	37,5	35,5	29,0	40,0	40,0	32,0	40,0	40,0	27,0
8	34,0	34,0	31,0	40,0	40,0	28,0	39,0	40,0	27,5
9	34,0	34,0	29,0	40,0	40,0	34,0	40,0	42,0	28,0
10	34,0	34,0	28,0	40,0	40,0	29,0	38,0	40,0	27,0

a/ Temperatura ambiente para cada localidad.