

M. Esperance y F. Ojeda

**Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Matanzas, Cuba**

La estrategia de alimentación de la masa bovina fue definida con claridad por el Gobierno Revolucionario en los primeros años del triunfo de la Revolución y tiene como aspecto fundamental el máximo empleo de los pastos y forrajes.

Tomando en cuenta la producción estacional de los pastos en nuestro país, debido a la existencia de dos épocas bien definidas (lluviosa y poco lluviosa), una de las principales limitantes de la producción animal a base de pastos lo constituye el déficit de alimentos que ocurre en el período poco lluvioso.

El empleo de variedades con un mejor equilibrio de producción (*Panicum maximum* cv. Likoni, *Cynodon nlemfuensis*, *Pennisetum purpureum* y otras), el uso del riego y la fertilización, la utilización de la caña de azúcar como forraje, el empleo de subproductos agroindustriales, así como la conservación de los forrajes, son alternativas utilizadas en Cuba para atenuar la carencia de alimentos que origina la estacionalidad de la producción de pastos.

La conservación de forrajes se incrementó considerablemente en Cuba a partir de la década del 60 y el ensilaje constituyó, por su menor dependencia de las condiciones climáticas, la técnica más utilizada, mediante la cual se llegó a producir cerca de 2 millones de toneladas, o sea, el 80 % del total de alimentos conservados en un año.

A pesar de la enorme importancia que se le concedió a esta alternativa de alimentación para el período seco, la conservación en forma de ensilaje presentó serias limitantes que debieron ser resueltas a través de las investigaciones desarrolladas en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey".

Exponer varios de los problemas afrontados durante la conservación de forrajes y cuáles fueron las estrategias del trabajo de investigación desarrolladas en el período comprendido de 1973 a 1995, así como describir brevemente algunos de los principales resultados, constituyen el objetivo central de esta reseña.

**CONSERVACION EN FORMA
DE ENSILAJE**

Con el objetivo de conocer las deficiencias que presentaban los ensilajes fabricados en condiciones comerciales, las tecnologías con que eran elaborados, las características del material y los procesos fermentativos que ocurrían en los mismos, se realizaron trabajos de caracterización, sobre la base de la composición bromatológica, los indicadores fermentativos, el valor nutritivo y la producción animal, que sirvieran de premisas experimentales para elaborar, a su vez, una secuencia de investigación que resolviera los aspectos negativos.

Se estudió la calidad de más de 1 000 ensilajes en varias provincias del país, de los cuales los mayores porcentajes correspondieron a las especies pangola común (*Digitaria decumbens*), guinea común (*P. maximum*) y bermuda cruzada (*Cynodon dactylon*) y mezclas de estas gramíneas. La edad de corte osciló de 30 a 160 días, el nivel de fertilización con N de 30 a 100 kg/ha/corte y el largo del material de 6 a 15 cm. El tipo de silo más utilizado fue el superficial sin paredes y con piso de tierra; el tonelaje de los silos varió de 100 a 2 500 toneladas y, por lo general, no fueron cubiertos. Se utilizó miel como aditivo a razón del 4 %, el tiempo de apisonamiento osciló de 2 a 12 minutos por tonelada de forraje y la fabricación se extendió desde 5 hasta 30 días.

Por otra parte, se realizaron estudios en condiciones experimentales, con silos Cullinson de 400 g de capacidad, para determinar la ensilabilidad de los principales forrajes y determinar la dinámica de fermentación, así como el patrón fermentativo de estos ensilajes.

Con el empleo de silos de 30 t de capacidad y tecnologías similares a las de los productores en cuanto al largo del material, el apisonamiento, la adición de miel, la edad y el nivel de fertilización

del forraje, se efectuaron pruebas de consumo y digestibilidad para conocer el valor nutritivo de los ensilajes, así como los cambios que experimentaba el forraje durante la conservación.

Además, se determinó el comportamiento productivo en vacas lecheras con este alimento como único componente de la ración.

Relaciones entre diferentes indicadores bromatológicos, fermentativos y nutricionales

Como se muestra en la figura 1, el 55 % de los ensilajes fueron elaborados con forrajes de más de 9 semanas de edad y el contenido de MS fue superior al 30 % en el 58 % de las muestras analizadas. Por otra parte, en más del 55 % de los casos el contenido de proteína resultó inferior al 7 %; mientras que en el 70 % de las muestras el contenido de fibra bruta superó el 33 %.

La edad a que se ensiló el forraje influyó significativamente en la composición bromatológica del ensilaje. Se ajustaron ecuaciones de

regresión lineal positiva entre este indicador y los contenidos de MS y FB, y negativa entre la edad y el contenido de PB (tabla 1).

Al analizar los indicadores fermentativos, se observó que el pH de los ensilajes se incrementó ($P < 0,001$) con el aumento del ácido butírico y se redujo significativamente ($P < 0,01$) al aumentar el ácido láctico. Los datos se ajustaron a una ecuación de regresión lineal (tabla 2).

Los contenidos de ácido butírico (% de la MS) y de amoníaco como por ciento del nitrógeno total variaron de 0,1 a 2 % y de 10 a 30 % respectivamente; en un elevado por ciento de los ensilajes se observaron valores superiores a los señalados para que el ensilaje se considere de óptima calidad.

El contenido de PB influyó significativamente en el contenido de proteína digestible (PBD) y los datos se ajustaron a una ecuación de regresión (fig. 2). Una relación similar se encontró entre el contenido de PB y la EM (fig. 3).

Se observó una relación positiva entre el consumo de MS y el contenido de PB (fig. 4) y entre el primero y la digestibilidad de la materia orgánica (fig. 5).

Tabla 1. Relación entre la edad del forraje (días) y la composición del ensilaje (%) (Esperance, 1986).

Variables		a	b	ES(b) \pm	r^2
Dependiente (y)	Independiente (x)				
MS	Edad	14,60	0,24	0,11	0,64***
PB	Edad	10,49	-0,061	0,13	0,62***
FB	Edad	29,60	0,092	0,17	0,58***

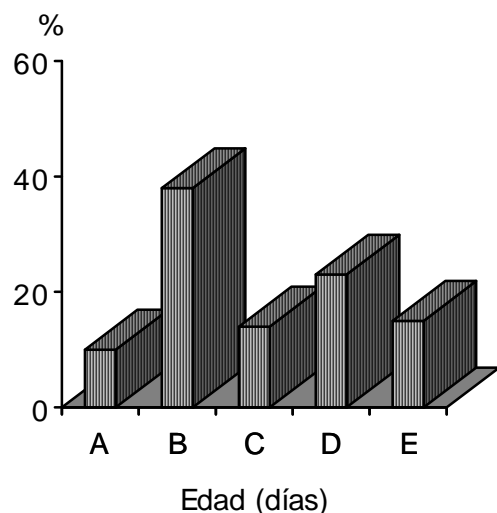
*** $P < 0,001$

Tabla 2. Relación entre el pH y el contenido de ácidos de los ensilajes (Esperance, 1986).

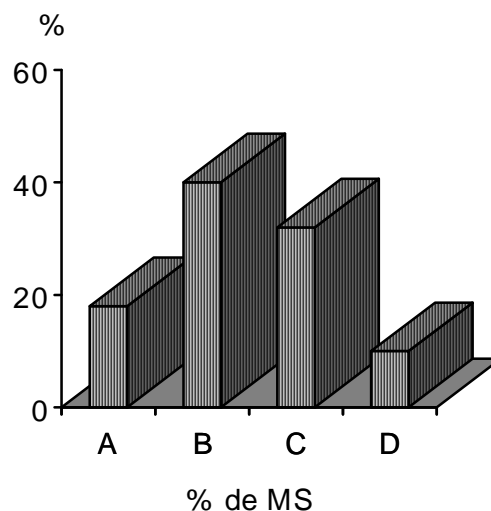
Variables		a	b	ES(b) \pm	r^2
Dependiente (y)	Independiente (x)				
pH	Acido butírico (% MS)	4,24	0,21	0,03	0,62***
pH	Acido láctico (% MS)	4,50	-0,50	0,04	0,44**

** $P < 0,01$

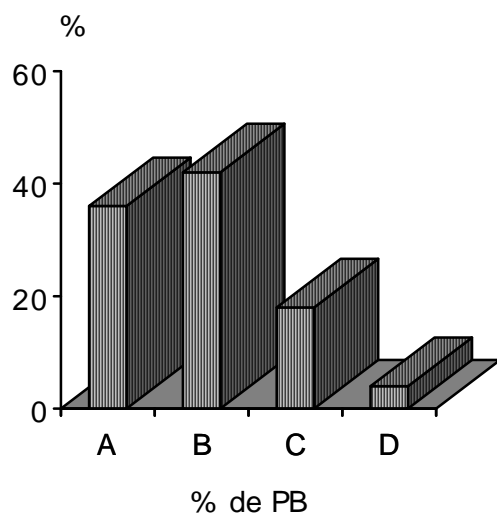
*** $P < 0,001$



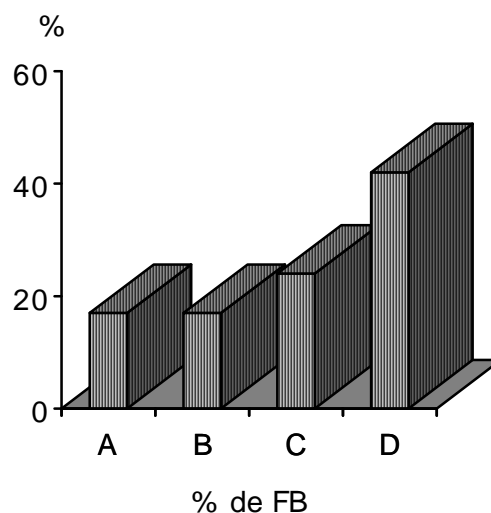
A: 42 C: 77 E: +91
B: 63 D: 91



A: -20 C: 30,1-40
B: 20,1-30 D: +40



A: 3-5 C: 7,0-8,9
B: 5,1-6,9 D: 9-10,9



A: -30 C: 32,1-37
B: 30,1-32 D: +37

Fig. 1. Distribución de los ensilajes según su edad y composición bromatológica.

Al analizar los cambios experimentados por el forraje durante el proceso de conservación (tabla 3), se encontró que la PBD y la EM se redujeron significativamente en un 36 y 12,3 % respectivamente; similarmente ocurrió con el valor nutritivo, ya que se registró una disminución de la digestibilidad en 7,2 unidades porcentuales y del consumo en un 24,8 %.

Por otra parte, al comparar el efecto de la conservación como ensilaje sobre la calidad y el valor nutritivo de los forrajes templados y tropicales (tabla 4), las mayores diferencias entre estos se observaron en los valores del contenido energético y la digestibilidad; mientras que en el consumo fueron de menor magnitud.

De hecho, los ensilajes que se elaboraban en condiciones comerciales no solo presentaban mala calidad (bajo contenido de proteína y elevado tenor de ácido butírico), reducido valor nutritivo (baja digestibilidad y consumo) y cuantiosas pérdidas de material y de nutrimentos, sino que además cuando eran suministrados como único componente voluminoso de la ración a vacas lecheras estabuladas (suplementadas con piensos comerciales), se obtenían bajas producciones de leche y ocurrían cuantiosas pérdidas de peso vivo, según se muestra en las tablas 5 y 6.

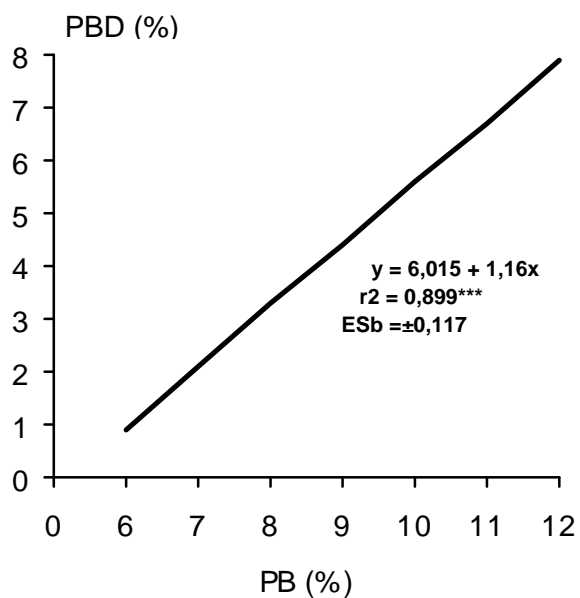


Fig. 2. Relación entre la PB y el contenido de proteína digestible del ensilaje.

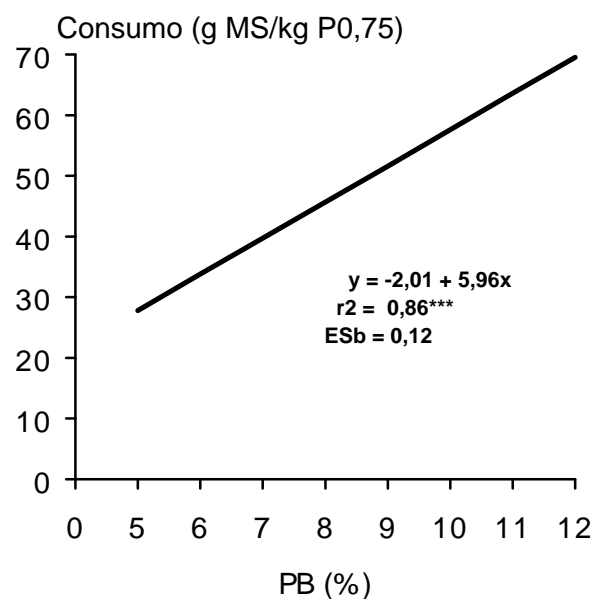


Fig. 4. Relación entre la PB y el consumo de MS del ensilaje.

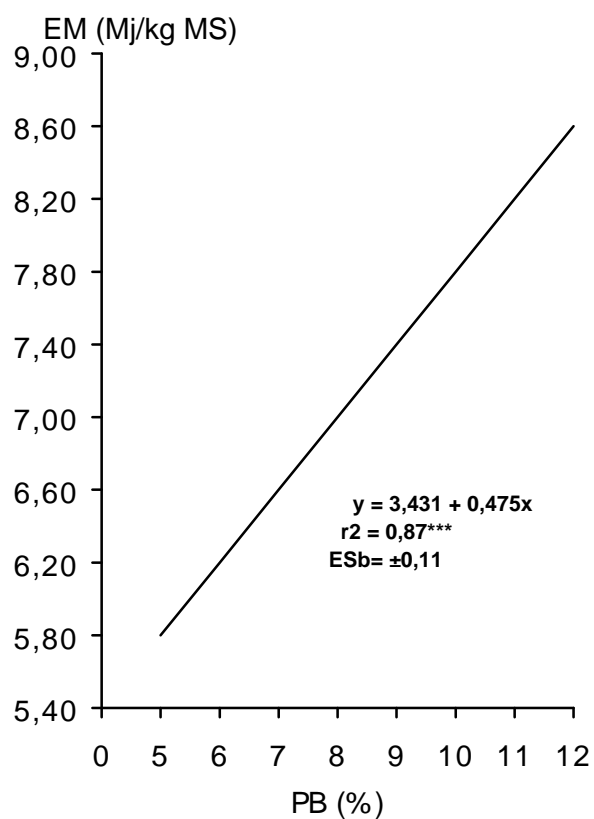


Fig. 3. Variación del contenido de EM de acuerdo con el porcentaje de PB.

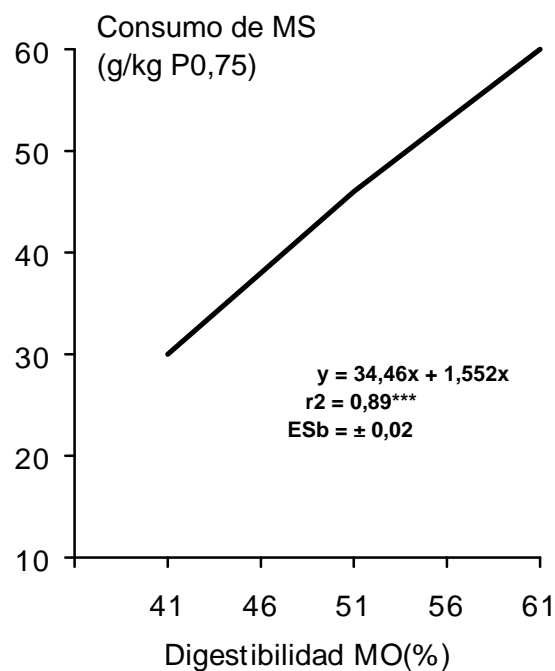


Fig. 5. Relación entre la digestibilidad de la MO y el consumo de MS.

Tabla 3. Cambios en la composición y el valor nutritivo de los forrajes (Esperance, 1986).

Concepto	Forraje	Ensilaje	ES ±
Valor proteico (g de PBD/kg de MS)	40,0 ^a	25,6 ^b	1,60***
Valor energético (EM) (MJ/kg de MS)	7,2 ^a	6,3 ^b	0,06*
Digestibilidad de la MO (%)	50,9 ^a	43,7 ^b	1,02**
Consumo de MS (g/kg P ^{0,75})	46,5 ^a	35,0 ^b	1,43***

a,b Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a P<0,05 (Duncan, 1955)

* P<0,05

** P<0,01

*** P<0,001

Tabla 4. Pérdidas de los principales nutrientes en los pastos tropicales y templados por efecto de la conservación como ensilaje.

Parámetro	Tipo de pasto	Variación de los valores con respecto a los forrajes (%)	Fuente
Valor energético (MJ/kg de MS)	Tropical	-12,2	Esperance (1986)
UF	Tropical	-14,5	Xandé (1978)
UFL	Templado	- 3,6	Jarrige, Demarquilly y Dulphy (1981)
Digestibilidad de la MO (%)	Tropical	-14,0	Esperance (1986)
	Tropical	- 7,0	Xandé (1978)
	Templado	- 1,5	Jarrige et al. (1981)
Consumo de MS (g/kg P ^{0,75})	Tropical	-24,7	Esperance (1986)
	Tropical	-15,4	Xandé (1978)
	Templado	-22,8	Jarrige et al. (1981)

UF = Unidades forrajeras

UFL = Unidades forrajeras leche

Tabla 5. Efecto del ensilaje en la producción de leche y en los cambios de peso vivo.

Condición	Producción de leche (kg)	Consumo (kg/vaca/día)	Cambios de peso vivo (kg)	Por ciento de PB	Autor
Sin suplementación	5,0	6,0	-0,8	4,9	Esperance (1978)
Suplementación	6,8*	6,1	-0,3	6,5	Esperance y Perdomo (1978)
Suplementación	7,9*	8,7	-0,1	6,8	Esperance y Figueroa (1978)

* Suplementación con 2 kg de concentrado/vaca/día

Tabla 6. Aporte de los alimentos y de la reserva corporal a la producción de leche (kg/vaca/día).

Condición	Ensilaje	Concentrado	Movilización de las reservas corporales
Sin suplementación	-	-	5,0
Suplementación	0,6	4,0	2,2
Suplementación	3,0	4,0	1,0

Por otra parte, los aportes que hicieron los ensilajes con las características antes descritas solo cubrieron los requerimientos de mantenimiento y para producir de 2 a 3 kg de leche/vaca/día, además de permitir un acortamiento considerable de la lactación.

En este sentido, se condujeron varios experimentos en los cuales se evaluaron los ensilajes no como único alimento voluminoso, sino formando parte de una ración en la que intervinieran el pasto, el heno, el forraje y el concentrado, vías mediante las cuales se lograron mejoras en el comportamiento animal, como se describe a continuación.

UTILIZACION DEL ENSILAJE

Efecto de la inclusión del pastoreo

Al analizar el efecto del pastoreo restringido en el comportamiento productivo de las vacas lecheras con libre acceso a ensilajes de mediana calidad (6,8 % de PB), se observaron incrementos en la producción de leche con relación a los animales que permanecieron estabulados, los que además registraron pérdidas de peso vivo (tabla 7).

Tabla 7. Efecto del pastoreo restringido sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras (Esperance y Guerra, 1978).

Indicador	PR + F	PR + E	EE	ES ±
Producción de leche (kg/vaca/día)	10,1 ^a	9,6 ^a	7,9 ^b	0,5
Consumo de MS (kg/vaca/día)	6,8 ^a	7,2 ^a	8,7 ^b	0,3
Variación de peso vivo (kg/vaca/día)	+0,23 ^a	+0,20 ^a	-0,1 ^b	0,02

a,b Valores superíndices no comunes difieren significativamente a $P < 0,05$ (Duncan, 1955)

PR: Pastoreo restringido (4 horas)
F: Forraje

EE: Ensilaje + estabulación
E: Ensilaje

Por otra parte, al comparar el acceso al pasto con y sin restricción se observó que aunque ambos tratamientos produjeron incrementos significativos en la producción de leche con relación a un tratamiento control (animales estabulados), la restricción del pastoreo significó un mejor comportamiento animal tanto en la producción de leche como en los cambios de peso vivo (tabla 8) y redujo el consumo de ensilaje en un 17 %, lo que era de esperar dado el menor tiempo del animal frente al ensilaje.

Efecto de la suplementación con concentrado y heno

Se compararon los siguientes tratamientos: suplementación con concentrado y heno, concentrado, heno y un control no suplementado; todos los animales consumían ensilaje a voluntad y tenían acceso al pastoreo restringido, agua y sales minerales. El concentrado y el heno fueron suministrados a razón de 2 y 3 kg/vaca/día respectivamente.

Tabla 8. Efecto del tiempo de pastoreo en vacas que consumían ensilaje ad libitum (Esperance y Figueroa, 1978).

Indicador	P + E	PR + E	EE	ES ±
Producción de leche (kg/vaca/día)	8,9 ^a	9,6 ^a	7,9 ^b	0,46**
Consumo de MS (kg/vaca/día)				
Ensilaje	4,0	7,2	8,7	0,3**
Total	10,5	13,0	10,5	
Variación de peso vivo (kg/vaca/día)	-0,2 ^a	+0,1 ^b	-0,1 ^a	

a,b Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a $P < 0,05$ (Duncan, 1955)

** $P < 0,01$

P: Pastoreo permanente

PR: Pastoreo restringido (4 horas)

E: Ensilaje

EE: Ensilaje + estabulación

Los incrementos obtenidos en el consumo de MS (%), la producción de leche (kg) y los cambios de peso vivo (kg/vaca/día) con relación al control se presentan en la tabla 9.

Cuando se estudió el efecto de la suplementación con concentrado (0, 1 y 2 kg/vaca/día), se

obtuvieron incrementos significativos en el consumo, la producción de leche y la ganancia de peso vivo con relación al control, aunque los tratamientos con 1 y 2 kg no difirieron entre sí (tabla 10).

Tabla 9. Efecto de la suplementación con concentrado y heno sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras (Esperance y Guerra, 1978).

Suplemento	Incremento del consumo (%)	Incremento de la producción de leche (kg)	Cambios de PV (kg/vaca/día)
Concentrado + heno	32,1	3,2	+0,2
Concentrado	27,7	2,7	+0,2
Heno	6,8	0,6	+0,03

Suministro de forraje en dietas de ensilaje a voluntad

La inclusión del forraje de gramíneas (30 y 40 % de la ración) y leguminosas (30 % de la ración) en la alimentación de vacas lecheras que consumían ensilaje a voluntad, determinó un incremento en el consumo de MS del ensilaje, la producción de leche y la ganancia de peso vivo con relación a un control que recibió ensilaje a voluntad. También se observaron reducciones en la respuesta al consumo al aumentar la proporción de forraje de gramíneas; por otra parte, la inclusión de leguminosas indujo un

mayor incremento en el consumo de ensilaje (tabla 11).

Se estudió la producción de leche en condiciones comerciales con el empleo de pasto pangola en secano y carga de 3 vacas/ha, mediante la suplementación al ensilaje con: heno (H), forraje (SF) y caña (C) vs un control que no recibió ensilaje y tuvo acceso al forraje ad libitum (F).

Como se puede apreciar en la tabla 12, solo se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la producción de leche entre el tratamiento SF y los restantes, que no difirieron entre sí; por otra parte, el consumo de MS fue mayor en los tratamientos SF y C que en las dietas F y H.

Tabla 10. Respuesta a la suplementación con concentrado.

Suplementación (kg/vaca/día)	Incremento del consumo (%)	Incremento de la producción de leche (kg)	Cambios de PV (kg/vaca/día)
1	16,7	1,3	+0,02
2	17,8	1,0	+0,06

Tabla 11. Efecto del forraje en dietas de ensilaje.

Forraje	Incremento del consumo de ensilaje (%)	Incremento de la producción de leche (kg/vaca/día)	Cambios de PV (kg/vaca/día)
Gramínea			
30 %	16,5	1,3	+0,08
40 %	4,7	1,2	+0,05
Leguminosa			
30 %	22,5	1,5	-

Durante la prueba existían animales en diferentes estados de lactación, por lo que la suplementación no fue uniforme (como ocurre en condiciones experimentales), lo cual permitió obtener la producción de leche de las dietas con diferentes niveles de suplementación (tabla 13).

Estos resultados demostraron que cuando el ensilaje es suministrado con otros alimentos (forraje, caña o heno), los animales son suplementados según el nivel de producción y se practica el pastoreo restringido (lo que permite un mayor consumo de ensilaje), es posible obtener producciones de leche de 12 a 14 litros con el grupo de alta.

El hecho de que en nuestro país se conserven grandes volúmenes de alimentos en forma de ensilaje, mientras que solo un reducido por ciento de las áreas destinadas a forraje disponen de riego, es otro elemento que justifica utilizar una dieta mixta de ensilaje y forraje, en lugar de suministrar forraje en cantidades insuficientes que no cubran los requerimientos de los animales.

USO DE LA CONSERVACION EN LOS SISTEMAS DE MANEJO

Iglesias, Pereira y Fernández (1991) evaluaron dos sistemas de producción de leche en

condiciones de secano con una carga global de 2,5 animales/ha. En uno de ellos el 38 % del área total se dedicó a la siembra de cultivos temporales (*Zea mais* y *Lablab purpureus*) y se cosechó para ensilaje cuando el maíz alcanzó la fase de grano lechoso. En el otro sistema se dispuso de un área de caña para forraje (31,8 % del área) sembrada en primavera, la cual se ofreció a razón de 25 kg/animal/día durante la seca con la adición de 250 g de urea.

En la seca se restringió el acceso al pasto a 4 horas diarias. En ambas épocas todos los animales fueron suplementados con 0,45 kg de pienso por litro de leche a partir del quinto litro producido.

El contenido proteico del ensilaje maíz-dolicho alcanzó valores de 11,27 %; mientras que en el forraje de caña fue inferior al 6 % con la inclusión de urea. No se observaron diferencias entre los sistemas en los indicadores reproductivos (tabla 14) ni en el consumo de forraje (6 kg de MS/animal/día); mientras que la producción de leche del sistema con ensilaje resultó significativamente superior (9,6 kg/vaca/día) que en el sistema con caña (8,8 kg/vaca/día).

Por otra parte, García-Trujillo y Esperance (1982) compararon tres de los principales sistemas de producción de leche en condiciones

Tabla 12. Efecto del ensilaje suplementado en la producción de leche y el consumo (Esperance, Cepero, Pino y Perdomo, 1980).

Indicador	Tratamientos			
	H	SF	C	F
Producción de leche (kg/vaca/día)	7,0 ^b	8,3 ^a	7,3 ^b	7,4 ^b
Consumo total de MS (kg/vaca/día)	8,6	9,5	8,9	9,0

Tabla 13. Efecto del nivel de concentrado sobre la producción de leche (kg) en vacas que consumían diferentes dietas.

Dietas	Nivel de suplementación con concentrado (kg/vaca/día)		
	2	3	4
PR + Ensilaje + Heno (H)	8,0	9-11	13
PR + Ensilaje + Forraje (SF)	8,8	10	14
PR + Ensilaje + Caña (C)	7,0	9-11	14
PR + Forraje (F)	8,5	10,1	12

PR: Pastoreo restringido

Tabla 14. Indicadores reproductivos.

Indicadores	Sistemas	
	Ensilaje	Caña
Intervalo entre partos (días)	401	399
Natalidad (%)	83	83
Duración de la lactancia (días)	310	305

de secano más difundidos en Cuba. El trabajo fue desarrollado sobre un suelo Ferralítico Rojo, en una zona climática caracterizada por presentar 6 meses secos con una precipitación promedio anual de 1 300 mm. El pasto empleado fue pangola (*D. decumbens*) y los sistemas comparados fueron los siguientes:

Sistema de segregación. Durante la época de lluvia los animales pastaron en el 50 % del área; el resto se ensiló en dos ocasiones en el período de mayo a septiembre y entre los meses de septiembre y noviembre se henificó el 25 %

del área. En el período poco lluvioso (noviembre-abril) los animales tuvieron acceso restringido (3-4 horas diarias) a toda el área, con suministro en canoa del ensilaje y el heno provenientes del área segregada.

Sistema de king grass. En este sistema los animales pastaron en el 68 % del área y el resto se empleó para producir forraje de king grass, el cual se fertilizó y regó durante el período poco lluvioso y se ensiló en dos ocasiones; este alimento se suministró en seca en adición al pasto de secano.

Sistema de caña. Se sembró el 30 % del área de caña, la cual estaba en crecimiento durante la primavera; esta se suministró troceada en la seca, con la adición de urea y sulfato de amonio.

No se encontraron diferencias significativas en la producción de leche total (2 años), promedio por vaca y por área entre los sistemas (tabla 15).

Desde el punto de vista integral el mejor sistema resultó el que utilizaba caña de azúcar,

Tabla 15. Principales indicadores productivos (García-Trujillo y Esperance, 1982).

Sistemas	Producción de leche			Intervalo entre partos
	Total (kg)	kg/vaca/día	kg/ha/año	
Segregación	52 936	8,52	6 617	474 ^b
King grass	53 991	8,74	6 748	460 ^b
Caña	53 892	8,42	6 736	391 ^a
ES ±	59,27	0,068	-	21,75*

a,b Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a $P < 0,05$ (Duncan, 1955)

por presentar los menores intervalos entre partos y los menores costos de producción, aunque también el de segregación aportó ahorros económicos significativos con respecto al sistema de king grass.

En otros estudios Esperance, O'Donovan y Perdomo (1978) compararon dos sistemas de alimentación utilizando 60 vacas F₁ (Holstein x Cebú) en pasto pangola sin riego, fertilizado con 150, 100 y 100 kg de NPK/ha/año y una carga promedio anual de 3 vacas/ha durante 3 años consecutivos.

En el tratamiento experimental (fig. 6) se segregó el 50 % del área de mayo a agosto, ensilando en dos ocasiones, y de agosto a octubre se segregó el 25 % del área para henificar; mientras que los animales pastaron en el resto del área. Estos alimentos se suministraron durante el período poco lluvioso en adición al pasto de secano a razón de 20 y 3 kg/vaca/día respectivamente. En el sistema control se dedicó toda el área al pastoreo y no se practicó la conservación; durante la seca se suministró forraje de un área adicional como complemento al pastoreo restringido, lo que redujo la carga sobre el pasto a 2,6 vacas/ha. Los rendimientos en leche del sistema de segregación fueron superiores que los del control en primavera y seca; por otra parte, la producción por área como promedio de los 3 años se incrementó en un 23 % debido al empleo de

cargas elevadas durante el período lluvioso en el sistema de segregación.

Este sistema fue comparado en condiciones comerciales, mediante dos vaquerías de 120 vacas cada una, con pasto pangola fertilizado (80 kg de N/ha/año) y una carga promedio anual de 3 vacas/ha. En el sistema de segregación se ensiló el 25 % del área en dos ocasiones de mayo a septiembre y el 15 % en forma de heno al final del período lluvioso.

Los resultados en condiciones comerciales sugirieron realizar el estudio en un mayor número de vaquerías (5). Un análisis comparativo mostró que la diferencia fundamental entre estos radicó en la escala a la que se practicó la segregación, con lo cual varió el número de animales, la complejidad del manejo del pasto, el nivel de fertilización nitrogenada y, por ende, el por ciento de área a segregar (tabla 16).

Aunque en ninguno de los casos se logró producir ensilaje y heno suficientes para cubrir más de la mitad del alimento necesario para el período seco, en condiciones experimentales (tabla 17) se produjo un 38 % más de ensilaje por hectárea que en condiciones comerciales.

La producción individual de leche (kg/vaca/día) en primavera y seca, así como el promedio anual, siguió la misma tendencia de no diferir entre el tratamiento experimental y el control, independientemente de la escala en que se compararon los sistemas (tabla 18).

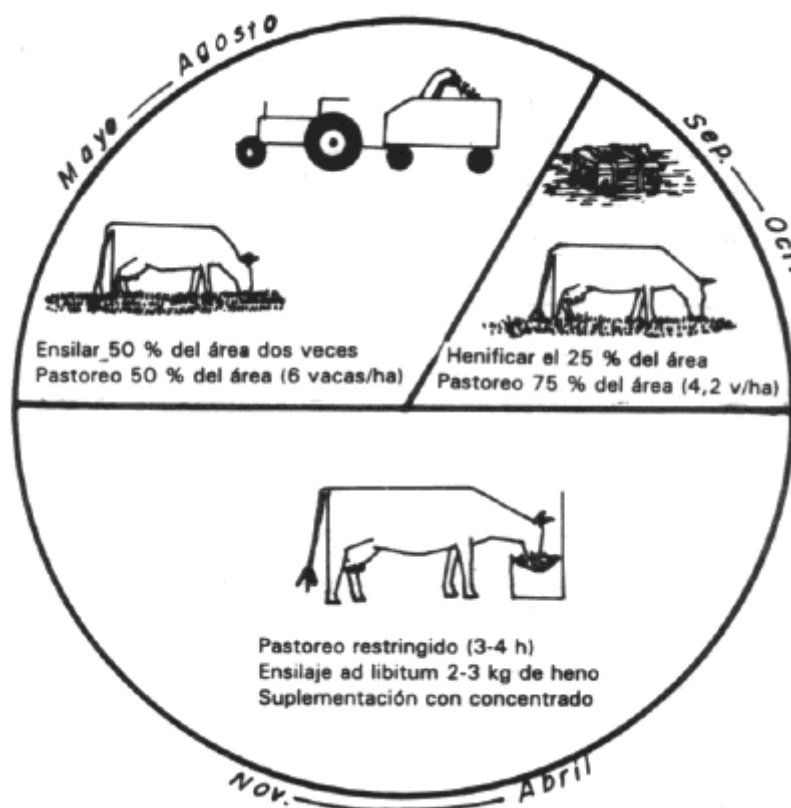


Fig. 6. Sistema de producción de leche, basado en la segregación de áreas para conservar el excedente de pasto.

Tabla 16. Nivel de fertilización y segregación (Esperance, 1984).

Fertilización (kg de N/ha)	Area segregada (ha)	Area segregada (%)	Número de animales
150 (A)	20	50	60
80 (B)	80	23	240
100 (C)	200	19	600

A: Condiciones experimentales

B: Segregación (1 vaquería)

C: Segregación (5 vaquerías)

Tabla 17. Cantidad de alimentos preservados (Esperance, 1984).

	A	B	C
Ensilaje (t)	104	385,9	1 500
Heno (t)	12	48,3	-
Ensilaje/vaca (kg)	3,46	2,73	2,3
Heno/vaca (kg)	0,16	0,425	-

A: Condiciones experimentales

B: Escala comercial (1 vaquería)

C: Escala comercial (5 vaquerías)

Tabla 18. Producción de leche por animal (Esperance, 1984).

	Primavera (kg leche/vaca/día)		ES ±	Seca (kg leche/vaca/día)		ES ±	Promedio anual (kg leche/vaca/día)		ES ±
	1	2		1	2		1	2	
A	8,6	8,1	0,30	7,2	6,8	0,21	7,0	6,8	0,19
B	11,0	11,1	0,26	8,0	8,0	0,31	9,5	9,6	0,41
C	9,8	10,0	0,31	7,0	7,6	0,29	8,4	8,8	0,34

1: Segregación

2: Control

A: Condiciones experimentales

B: Escala comercial (1 vaquería)

C: Escala comercial (5 vaquerías)

Lo más sobresaliente de los resultados fue el incremento de la producción por área obtenido con la segregación, aunque como se muestra en la tabla 19, a medida que se amplió la aplicación de esta tecnología, este se redujo.

Al efectuar un análisis del aporte de los alimentos conservados en el período de seca (tabla 20), se observó que el 63,4 % de la energía y el 52,2 % de la proteína provenían del ensilaje y el heno fabricados a partir de las áreas segregadas.

ESTUDIO DE LOS ENSILAJES EN CONDICIONES DE LABORATORIO Y EN PRUEBAS DE METABOLISMO CON CARNEROS

Con el objetivo de estudiar los patrones fermentativos de los forrajes más difundidos en Cuba (D. decumbens, C. dactylon cv. Bermuda de Costa y P. purpureum cv. Napier), se iniciaron en 1972 en la EEPF "Indio Hatuey" las investigaciones acerca de la conservación de forrajes en forma de ensilaje, mediante estudios a escala de laboratorio utilizando microsilos de 400 g de capacidad.

Los primeros resultados permitieron enunciar la posibilidad de ensilar estos forrajes sin el empleo de miel final como conservante (Aguilera, 1979) de acuerdo con la estabilidad bioquímica que alcanzaban los principales pará-

metros fermentativos medidos (pH, NH₃/Nt %, por ciento de AGV totales y por ciento de ácido láctico).

En estudios posteriores realizados con guinea cv. Likoni se despejaron otras interrogantes relacionadas con la interacción entre la edad del forraje y el empleo de diferentes niveles de miel. Se demostró que hasta la edad de 6 semanas es posible prescindir del uso de este aditivo, aunque la calidad fermentativa resulta afectada ligeramente; mientras que con edades superiores sí es recomendable añadir miel (Ojeda, Fernández y Cañizares, 1980).

Estos resultados fueron comprobados a una escala mayor, utilizando silos pilotos de aproximadamente 500 kg de capacidad, mediante pruebas de metabolismo con carneros, y se pudo determinar la influencia del troceado y el presecado sobre el valor nutritivo de los ensilajes (tabla 21).

En el caso del consumo, el incremento por la acción de un troceado efectivo (4 a 6 cm) estuvo entre el 9,6 y 21,3 % con relación a los ensilajes elaborados a partir de forrajes sin trocear (15 a 20 cm).

La combinación del troceado y el empleo de miel a razón de 40 kg/t de forraje elevó el consumo entre un 39,9 y 47,6 %. Por otra parte, el empleo de la tecnología del presecado mejoró la calidad del ensilaje y originó un aumento del 37,8 %.

Tabla 19. Producción de leche por área (Esperance, 1984).

	Producción de leche (kg/ha/año)		Incremento de la producción por área (%)
	1	2	
A	8 300	6 300	23
B	8 432	7 318	13
C	7 950	7 242	9

1: Segregación 2: Control
A: Condiciones experimentales
B: Escala comercial (1 vaquería)
C: Escala comercial (5 vaquerías)

Tabla 20. Aporte de nutrientes de los alimentos suministrados en los sistemas de segregación de áreas (%) (Esperance, 1984).

	Energía		Proteína	
	Primavera	Seca	Primavera	Seca
Pasto	81,29	17,3	52,2	14,8
Ensilaje	-	45,5	-	36,1
Heno	-	17,9	-	16,1
Concentrado	18,71	19,3	47,8	32,1

Tabla 21. Efecto del troceado, el presecado y la miel final en el consumo de los ensilajes tropicales (Ojeda y Cáceres, 1981; 1982).

Ensilaje	Longitud del troceado (cm)	Dosis (kg/t)	Consumo (g de MS/kg P ^{0,75})	Nivel de incremento (%)
Pangola	15-20	0	34,1	-
Pangola	4-6	0	37,4	9,6
Pangola + miel final	4-6	40	50,3	47,6
Guinea	15-20	0	35,2	-
Guinea	4-6	0	42,7	21,3
Guinea + miel final	4-6	40	49,3	39,9
Guinea presecada	4-6	0	48,5	37,8

Estudio de los conservantes químicos

En el año 1979 fue iniciada una línea de investigación encaminada a evaluar los efectos que, sobre la calidad fermentativa y la preservación del valor nutritivo de los forrajes, ejercen un grupo de conservantes químicos añadidos en diferentes dosis y combinaciones, de acuerdo con el esquema experimental mostrado en la tabla 22.

Los conservantes químicos fueron clasificados en tres grupos: 1) ácidos minerales, 2) ácidos orgánicos y 3) conservantes bacteriostáticos.

Como no existían antecedentes sobre el empleo de estos aditivos en las condiciones tropicales, se seleccionaron diferentes pastos (pangola, bermuda cruzada-1, guinea likoni y king grass) para iniciar los estudios.

Teniendo en cuenta la complejidad de las investigaciones, la metodología adoptada consistió en determinar, primeramente, los conservantes más efectivos para cada pasto sobre la base del efecto que inducían en el pH, el NH_3/Nt y el ácido butírico, y posteriormente, mediante ecuaciones de regresión lineal cuadráticas y cúbicas, las dosis óptimas para cada pasto y tipo de conservante (tabla 23).

Tabla 22. Esquema experimental de los conservantes y sus dosis (Ojeda, 1986).

Conservantes	Dosis (kg/t)					
	I	II	III	IV	V	VI
Ácidos minerales						
Acido clorhídrico	1,36	1,82	2,27	2,72	3,18	3,64
Acido sulfúrico	1,36	1,82	2,27	2,72	3,18	3,64
Acido clorhídrico + Acido sulfúrico	1,36	1,82	2,27	2,72	3,18	3,64
	1,36	1,82	2,27	2,72	3,18	3,64
Preparado AAz (HCl) + Na_2SO_4	5,32	7,09	8,87	10,64	12,44	14,18
	0,75	0,99	1,24	1,49	1,74	1,99
Ácidos orgánicos						
Acido fórmico	2,5	3	3,33	3,66	4,0	4,33
Acido propiónico	2,5	3	3,33	3,66	4,0	4,33
Acido fórmico + Acido propiónico	2,5	3	3,33	3,66	4,0	4,33
	2,5	3	3,33	3,66	4,0	4,33
Bacteriostáticos						
Sulfito de sodio	3	4	5	6		
Acido benzoico	2	2,5	3	4		
Nitrito de sodio	0,5	1	1,5	2		
Acido salicílico	0,3	0,5	1	1,5		

Tabla 23. Efectividad y dosis óptima de conservantes químicos en ensilajes de pastos tropicales.

Conservantes	Guinea Likoni	King grass	Bermuda Cruzada-1	Pangola
Acidos minerales				
Acido clorhídrico	NE	2,72	NE	2,72
Acido sulfúrico	NE	2,72	NE	2,72
Acido clorhídrico + Acido sulfúrico	NE	1,36 1,36	3,64 3,64	2,72 2,72
Preparado AAz	NE	14,18	8,87	14,18
Acidos orgánicos				
Acido fórmico	NE	4,33	4,33	3,33
Acido propiónico	NE	2,5	NE	NE
Acido fórmico + Acido propiónico	NE	3,0 3,0	NE	NE
Bacteriostáticos				
Sulfito de sodio	NE	6,0	NE	6,0
Acido benzoico	3,0	3,0	4,0	4,0
Nitrito de sodio	1,0	1,0	1,5	NE
Acido salicílico	2,0	1,5	1,0	2,0

NE: No efectivo

En esta primera discriminación se pusieron de manifiesto las individualidades de cada especie y del conservante evaluado. En la guinea likoni los únicos conservantes efectivos fueron los bacteriostáticos, excepto el sulfito de sodio.

Ninguna de las dosis empleadas para los ácidos minerales y orgánicos demostró ejercer acciones beneficiosas notables sobre los indicadores medidos, resultados que fueron interpretados como una consecuencia de los altos valores de capacidad amortiguadora que posee este pasto, lo cual a su vez indicó la necesidad de cantidades más elevadas de los mismos.

Por otra parte, la calidad fermentativa del king grass resultó mejorada por todos los conservantes, lo cual demostró que este forraje demanda, para su adecuada preservación, un control permanente de las bacterias que deben proliferar durante el proceso. Las elevadas dosis requeridas para el preparado AAz, el ácido fórmico, la mezcla de los ácidos fórmico y propiónico, así como el sulfito de sodio, ratificaron su tendencia de permitir fermentaciones indeseables, atribuidas en gran medida a su bajo por ciento de materia seca.

La bermuda cruzada-1 requirió altas adiciones de la mezcla de los ácidos clorhídrico y sulfúrico, del preparado AAz y del ácido fórmico para mejorar sus indicadores fermentativos, respuesta también atribuida a una elevada capacidad amortiguadora de este pasto. De los conservantes bacteriostáticos solo el sulfito de sodio mostró dificultades en su acción.

La pangola, a pesar de ser considerada como un pasto de buena ensilabilidad, respondió positivamente a casi todos los conservantes, con excepción del ácido propiónico, la mezcla de los ácidos fórmico y propiónico y el nitrito de sodio. En el caso de este último preservante, las evaluaciones posteriores demostraron que sí tenía potencialidades de empleo.

Estos estudios, además de determinar los conservantes y sus dosis más promisorias para la confección de los ensilajes a escala comercial, permitieron dilucidar la importancia que tiene el control microbiológico para alcanzar una buena calidad fermentativa, ya sea mediante la disminución artificial del pH a través de los ácidos minerales o empleando una inhibición parcial y/o selectiva con los conservantes bacteriostáticos.

En un punto intermedio quedaron situados los ácidos orgánicos, dada su ambivalencia de

poseer propiedades acidificantes y bactericidas, aunque atenuadas ambas con respecto a las de otros conservantes.

Evaluaciones de la combinación de conservantes químicos y miel final

Sobre la base de los resultados anteriores, se consideró necesario dilucidar algunas incógnitas importantes desde el punto de vista técnico y práctico, entre ellas conocer si las dosis de conservantes encontradas como óptimas respondían totalmente a su acción específica y hasta qué magnitud podían ser modificadas por la incorporación de carbohidratos fermentables en forma de miel final.

Con esa finalidad fueron diseñados un conjunto de experimentos para evaluar las mejores dosis, empleando criterios flexibles en cuanto al tipo de pasto y el conservante utilizado, cuyos tratamientos se muestran en la tabla 24.

En la guinea cv. Likoni la combinación de la miel con los conservantes resultó efectiva cuando las dosis añadidas estuvieron por debajo de la óptima, respuesta que fue interpretada como una derivación de la mejor eficiencia en la utilización de los carbohidratos solubles presentes en el

momento de la conservación (Ojeda y Varfolomiev, 1983b).

En los ensilajes de king grass los ácidos minerales fueron los conservantes menos efectivos dentro de los tratamientos evaluados, aunque mejoraron todos los indicadores con respecto a los ensilajes sin conservantes. El control de los aditivos bacteriostáticos sobre las fermentaciones, en orden decreciente, fue: ácido salicílico>ácido benzoico>nitrito de sodio>sulfito de sodio; este último necesitó de la adición de 10 kg de miel final para expresar su potencial.

Los ácidos orgánicos, particularmente la mezcla de los ácidos fórmico y propiónico, presentaron, en general, el mejor comportamiento sobre la deaminación.

La utilización de la miel tuvo poca o ninguna influencia en los resultados y el comportamiento de los conservantes no varió por su inclusión o no, lo que permite afirmar que este forraje no necesita fuentes adicionales de carbohidratos fermentables (Ojeda y Varfolomiev, 1983a).

En la bermuda cruzada-1 los mejores indicadores fermentativos fueron obtenidos con la mezcla de los ácidos clorhídrico y sulfúrico o mediante el empleo del preparado AAz.

Tabla 24. Esquema experimental de los conservantes (Ojeda, 1986).

Conservantes (kg/t)	Guinea Likoni	King grass	Bermuda Cruzada-1	Pangola
Acidos minerales				
Acido clorhídrico	-	2,72	-	2,72
Acido sulfúrico	-	2,72	-	2,72
Acido clorhídrico + Acido sulfúrico	- -	1,36 1,36	3,18 3,18	1,82 1,82
Preparado AAz	-	14,18	12,44	14,18
Acidos orgánicos				
Acido fórmico	-	3,33	3,66	3,0-3,33
Acido propiónico	-	-	-	3,0
Acido fórmico + Acido propiónico	- -	3,00 3,00	- -	3,33 3,33
Bacteriostáticos				
Sulfito de sodio	5, 6, 7	6,0	6, 7	-
Acido benzoico	2, 3, 4	3,0	3	2; 2,5; 3
Nitrito de sodio	0,5; 1; 2	1,0	0,5; 1; 2	0,5; 1; 1,5
Acido salicílico	1, 2	1,5	1	1,5; 2

La inclusión de miel implicó cambios importantes en las respuestas halladas, al promover menores concentraciones de ácido butírico, lo que sugiere que existen bajos por cientos de carbohidratos solubles en este pasto, imprescindibles para el desarrollo adecuado de la flora láctica.

El control eficiente que ejercieron los conservantes bacteriostáticos sobre las fermentaciones butíricas no se correspondió con los altos por cientos de nitrógeno amoniacal presentes en los mismos, lo cual fue atribuido a un lento descenso del pH durante los primeros días de la conservación; ello permitió una intensa actividad de las enzimas proteolíticas, lo que a su vez facilitó con posterioridad la deaminación que provocan algunas bacterias heterolácticas.

Los mejores conservantes fueron, en orden decreciente, el ácido benzoico>nitrito de sodio> ácido salicílico>sulfito de sodio. También en este experimento el sulfito de sodio necesitó la presencia de miel final para poder mostrar su potencial como conservante.

El ácido fórmico solamente mostró superioridad con relación a los ensilajes sin aditivos en la disminución de la concentración de ácido butírico, pero no en la deaminación, aspecto que no se corresponde con lo esperado para dicho aditivo (Ojeda y Varfolomiev, 1983c).

Estos experimentos, además de corroborar los resultados anteriores, permitieron definir que solo en situaciones específicas la incorporación de la miel final junto con los conservantes químicos induce mejoras en la calidad fermentativa, y en la mayoría de los casos esto ocurre cuando la adición del preservante está por debajo de la concentración óptima.

Una parte de estos resultados fueron corroborados en pruebas de metabolismo con carneros (tabla 25), de las cuales fue posible concluir que el aditivo que mostró resultados más consistentes, al mejorar la calidad de los ensilajes, fue el ácido fórmico. Sin embargo, cada pasto presentó sus particularidades en la respuesta a los conservantes, lo que permite afirmar que en la efectividad de estos intervienen factores inherentes al pasto conservado. Así, en la medida que fue mayor el contenido de materia seca de los ensilajes, se encontraron menores respuestas con el uso de los conservantes (guinea cv. Likoni), pero a su vez en los forrajes con muy bajos por cientos de materia seca la acción de los conservantes fue también poco evidente, pues el control que pueden ejercer

sobre las fermentaciones indeseables es muy limitado (king grass).

En los casos menos extremos la acción de los conservantes se hace más evidente, ya que aunque los ensilajes sin conservantes presenten buena calidad (bermuda cruzada-1, pangola), las restricciones producidas sobre las fermentaciones (ácido fórmico, ácido salicílico) o la estimulación de aquellas deseables (miel final) repercuten favorablemente en la obtención de ensilajes con mejor valor nutricional (Ojeda, 1986).

Ensilajes mixtos de gramíneas y leguminosas

Con la finalidad de incrementar el contenido de proteína bruta y el valor nutritivo de los ensilajes, se efectuó un grupo de experimentos utilizando diferentes proporciones de gramíneas y leguminosas, en los que se determinó la influencia que ejercía la presencia de estas últimas sobre su calidad fermentativa y si la adición de conservantes podía modificar las respuestas tanto desde el punto de vista bioquímico como nutricional.

Los estudios demostraron que las mejores proporciones se encontraban dentro del rango de 20-40 % de leguminosa (Ojeda, Jácome y Díaz, 1992) y que el empleo de conservantes contribuía a garantizar un desarrollo adecuado del proceso fermentativo (Ojeda y Díaz, 1992). Sin embargo, las mediciones realizadas en pruebas de metabolismo con carneros sugirieron que existen aspectos más complejos a tener en cuenta, pues las respuestas obtenidas estuvieron muy vinculadas al forraje conservado (Ojeda, Esperance y Díaz, 1990).

En una evaluación efectuada con 3 gramíneas (P. maximum cv. Likoni, C. dactylon cv. 68 y P. purpureum cv. Taiwan A-144), conservadas en proporciones de 60:40 con L. purpureus cv. Rongai según los tratamientos: A) gramínea, B) gramínea + leguminosa, C) gramínea + leguminosa + 80 kg de miel final/t, D) gramínea + leguminosa + 5 kg de ácido fórmico/t (tabla 26), se comprobó que la inclusión de la leguminosa permitió en la guinea cv. Likoni alcanzar incrementos del 15 % en el consumo de los ensilajes con respecto al tratamiento sin leguminosa; con la adición de ácido fórmico el aumento alcanzó hasta un 45 % y con la miel final esta mejora ascendió al 60 %.

Tabla 25. Valor nutritivo de ensilajes de gramíneas tropicales con el empleo o no de conservantes (Ojeda, 1986).

	Dosis (kg/t)	Consumo (g MS/kg P ^{0,75})	DMO (%)	DPB (%)	DFB (%)
Guinea cv. Likoni					
Nitrito de sodio	1	78,27 ^a	63,46 ^b	58,32 ^{ab}	68,30 ^{bc}
Acido benzoico	4	79,22 ^a	57,45 ^c	53,18 ^b	71,03 ^{bc}
Acido salicílico	2	79,34 ^a	64,55 ^{ab}	57,11 ^{ab}	73,57 ^{ab}
Miel final	40	80,54 ^a	70,00 ^a	59,00 ^a	77,78 ^a
Sin aditivo	-	66,00 ^b	61,44 ^b	45,56 ^c	66,56 ^c
ES ±		2,68*	1,53**	1,73***	1,73***
King grass					
Forraje verde	-	61,80 ^a	66,23 ^a	65,23 ^a	64,78 ^a
Acido benzoico	3	41,92 ^b	56,19 ^{cd}	64,99 ^a	58,83 ^b
Acido salicílico	1,5	44,03 ^b	60,71 ^b	62,75 ^{ab}	65,32 ^a
Acido fórmico	3,33	43,07 ^b	60,01 ^{bc}	65,26 ^a	68,24 ^a
Miel final	40	43,57 ^b	63,03 ^b	60,26 ^b	67,80 ^a
Sin aditivo	-	43,38 ^b	53,94 ^d	62,35 ^b	68,21 ^a
ES ±		2,16***	1,42***	0,96**	1,84***
Bermuda cruzada-1					
Forraje verde	-	56,25 ^{ab}	62,19 ^a	67,79 ^a	65,98 ^{cd}
Acido benzoico	3	43,14 ^d	55,55 ^c	54,85 ^c	60,57 ^e
Acido salicílico	1	53,07 ^{abc}	59,31 ^b	65,62 ^a	63,81 ^d
Acido fórmico	3,66	56,29 ^a	62,39 ^a	61,91 ^b	70,08 ^{ab}
Miel final	40	48,31 ^c	58,30 ^b	48,53 ^d	67,63 ^{bc}
Sin aditivo	-	51,46 ^{bc}	60,75 ^b	56,73 ^c	70,61 ^a
ES ±		1,55***	0,69***	0,75***	1,09***
Pangola					
Acido benzoico	3	36,51 ^c	45,77 ^c	48,27 ^{ab}	61,11 ^b
Acido salicílico	2	39,70 ^c	49,90 ^b	38,23 ^c	55,27 ^d
Acido fórmico	3,66	48,32 ^b	51,61 ^{ab}	51,18 ^a	60,60 ^b
Miel final	40	54,47 ^a	53,37 ^a	27,87 ^c	58,46 ^c
Sin aditivo	0	48,13 ^b	52,14 ^{ab}	46,14 ^b	66,86 ^a
ES ±		1,10***	0,63***	0,83***	0,65***

a,b,c,d,e Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a P<0,05 (Duncan, 1955)

* P<0,05

** P<0,01

*** P<0,001

En la bermuda 68 este efecto solo se encontró para el tratamiento con miel final, cuyo beneficio fue del 18 %, y no se hallaron diferencias para los ensilajes de Taiwan A-144 independientemente del tratamiento evaluado.

No hubo diferencias en la DMO de los ensilajes; mientras que la DFB estuvo más vinculada al consumo de los ensilajes que a los tratamientos en sí, ya que a menor consumo fueron mayores los valores de este indicador.

Con respecto al nitrógeno, solo en los ensilajes de Taiwan A-144 los preservantes ejercieron su influencia como medio de mejorar la DPB y la retención de nitrógeno. Los valores más elevados correspondieron a la miel final y al ácido fórmico. Estos resultados fueron interpretados como un efecto de las marcadas diferencias en la calidad fermentativa de los ensilajes.

Estas investigaciones demostraron la factibilidad de emplear leguminosas para incrementar el contenido de PB de los ensilajes y perfeccionar, incluso, la calidad fermentativa de los mismos, además de garantizar que el nitrógeno no constituya una limitante para el consumo.

El balance nitrogenado fue positivo en todos los tratamientos, pero alcanzó además valores más elevados que los normalmente hallados en los ensilajes.

Estos resultados fueron corroborados mediante evaluaciones con vacas lecheras, en las que se encontraron respuestas productivas más altas cuando se confeccionó y utilizó este tipo de ensilaje (Ojeda y Díaz, 1991).

MICROBIOLOGIA DE LOS ENSILAJES TROPICALES

Durante la conservación en forma de ensilaje y en el transcurso de su fermentación natural se desarrollan diferentes tipos de microorganismos, que contribuyen o perjudican, según el caso, al proceso de preservación.

Dentro de estos, el grupo más importante lo constituyen las bacterias ácido lácticas, por ser las que más incidencia tienen en el pH final de los ensilajes y también por el control que ejercen

sobre el resto de los grupos de bacterias presentes.

Por esta razón, desde el año 1985 se inició una serie de investigaciones encaminadas a estudiar, clasificar y seleccionar cepas ácido lácticas con el objetivo de encontrar aquellas capaces de ser utilizadas como conservantes biológicos, teniendo en cuenta que si bien estos preservantes tienen un comportamiento intermedio entre la efectividad de los conservantes químicos y la calidad fermentativa de los ensilajes sin preservantes, poseen la ventaja de no contaminar el ambiente, estar adaptadas al medio donde tienen que desarrollarse y ser más eficientes que las bacterias lácticas provenientes de la flora epifítica.

Los microorganismos fueron obtenidos de los ensilajes de bermuda 68, guinea cv. Likoni y Taiwan A-144 cuando tenían 6, 8 y 10 días de conservación, período en el cual se ha determinado que existe un mayor crecimiento de estas bacterias (Luis y Ramírez, 1991).

En una primera selección quedaron en estudio 100 microorganismos, de los cuales 51 fueron descartados por ser Gram negativos (bacterias heterolácticas) o por pertenecer a otros grupos bacterianos.

Las bacterias lácticas homofermentativas restantes (49 en total) fueron sometidas a nuevas pruebas que incluían: resistencia a temperaturas desde 30 hasta 50°C, fermentación de azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa), crecimiento a diferentes pH (de 3,5 a 4,5) y acidez generada en MRS líquido (pH de 3,0 a 5,0 o más).

Estas evaluaciones fueron agrupadas y clasificadas mediante un análisis de Cluster, el cual diferenció 7 grupos de individuos. Las bacterias incluidas en el grupo II resultaron las de mejor potencial para ser consideradas como conservantes biológicos, pues fermentaban los tres azúcares estudiados, crecieron a la temperatura más elevada, mostraron ser ácido tolerantes, indujeron una acidez elevada y no produjeron dextrana.

Tabla 26. Valor nutritivo de ensilajes de mezclas de gramíneas tropicales.

Proporción Gramínea:Leguminosa 60:40	Conservante	Dosis (kg/t)	Consumo (g de MS/kg P ^{0,75})	DMO (%)	DFB (%)	DPB (%)	Retención de N (%)
Guinea likoni		0	44,5 ^d	58,3	65,4 ^a	57,9	19,8
Guinea likoni + Dolichos		0	51,1 ^c	60,7	59,4 ^b	59,5	25,1
Guinea likoni + Dolichos	Miel final	80	71,2 ^a	60,4	59,8 ^b	56,9	27,3
Guinea likoni + Dolichos	Acido fórmico	5	64,7 ^b	58,0	48,6 ^c	57,6	23,2
ES ±			1,7***		1,2***	0,9	2,6
Bermuda 68		0	53,7 ^b	61,8	65,3 ^a	56,8	25,7
Bermuda 68 + Dolichos		0	51,6 ^b	59,4	58,1 ^b	57,6	26,7
Bermuda 68 + Dolichos	Miel final	80	63,2 ^a	60,1	57,5 ^b	60,2	28,6
Bermuda 68 + Dolichos	Acido fórmico	5	51,3 ^b	62,7	65,4 ^a	59,9	25,9
ES ±			2,1***	1,2	1,4**	0,8	1,4
Taiwan A-144		0	45,6	64,1	72,3	61,0 ^c	6,4 ^d
Taiwan + Dolichos		0	51,1	65,3	70,6	65,1 ^b	19,2 ^c
Taiwan + Dolichos	Miel final	80	49,3	65,8	70,8	70,4 ^a	43,5 ^a
Taiwan + Dolichos	Acido fórmico	5	47,2	66,7	73,8	67,6 ^{ab}	29,1 ^b
ES ±			1,5	1,1	1,4	1,2**	0,7***

a,b,c,d Superíndices con letras no comunes difieren a P<0,05 (Duncan, 1955)

** P<0,01

*** P<0,001

Coincidiendo con estos resultados, dentro del grupo II se encontraron dos bacterias que presentaron una velocidad de crecimiento mayor que el resto de las estudiadas: las cepas 17 y 39, la primera clasificada como *Lactobacillus plantarum* y la segunda como *Pediococcus acidilactici*.

En pruebas de metabolismo donde se evaluó la efectividad de estas cepas como conservantes biológicos (tabla 27), se pudo demostrar que el *P.*

acidilactici resultaba el más adecuado para la conservación de la guinea cv. Likoni, al promover una mejor digestibilidad de la materia orgánica, la proteína bruta y la fibra bruta que el resto de los tratamientos. Sin embargo, en lo referente al consumo de MS, EM y PBD no se hallaron diferencias significativas entre el empleo de *L. plantarum* y el *P. acidilactici* (Luis, Esperance, Ojeda, Cáceres y Santana, 1992).

Tabla 27. Efectividad de los aditivos biológicos en ensilajes de guinea cv. Likoni.

Tratamientos	MSD (g/kg P ^{0,75})	EM (Kcal/kg P ^{0,75})	PBD (g/kg P ^{0,75})
a) Consumo de nutrientes			
Control	28,9 ^{bc}	107,0 ^b	2,26 ^{ab}
<i>L. plantarum</i>	31,1 ^a	115,8 ^a	2,46 ^{ab}
<i>L. plantarum</i> + miel (2 %)	28,1 ^c	106,3 ^b	2,05 ^b
<i>P. acidilactici</i>	30,0 ^{ab}	112,5 ^a	2,74 ^a
<i>P. acidilactici</i> + miel (2 %)	28,0 ^c	104,0 ^b	2,14 ^b
b) Digestibilidad (%)			
	MO	PB	FB
Control	55,0 ^{bc}	53,6 ^b	51,9 ^d
<i>L. plantarum</i>	55,3 ^b	52,3 ^b	57,3 ^b
<i>L. plantarum</i> + miel (2 %)	54,4 ^c	50,0 ^b	53,7 ^{cd}
<i>P. acidilactici</i>	56,6 ^a	63,0 ^a	62,2 ^a
<i>P. acidilactici</i> + miel (2 %)	55,5	51,8 ^b	56,7 ^{bc}
ES ±	0,3***	3,5***	1,2*

a,b,c,d Valores con superíndices no comunes difieren significativamente a P<0,05 (Duncan, 1955)

* P<0,05

*** P<0,001

Contrariamente a lo esperado, la inclusión de 20 kg de miel final/t no promovió ventajas adicionales sobre el valor nutritivo de los ensilajes, efecto que fue atribuido a la poca diferencia en la calidad fermentativa de los tratamientos. La menor respuesta de *L. plantarum*, por su parte, estuvo asociada a las características de este microorganismo de poseer una fase de latencia larga y necesitar un pH menor de 5,0 para iniciar su crecimiento.

Bajo esta óptica se recomendó desarrollar inóculos biológicos que incluyeran ambos microorganismos simultáneamente.

Por otra parte, al profundizar en las investigaciones sobre la microbiología de los ensilajes se comprobó que en los confeccionados en el trópico, al igual que en los países templados, se hallan cuatro grupos principales de microorganismos: a) enterobacterias, b) bacterias ácido lácticas, c) bacterias clostrídicas y d) levaduras.

También el comportamiento de estos grupos, medido en diferentes pastos y condiciones, presentó muchos puntos comunes, aunque factores tales como la cantidad y el tipo de sustrato, el contenido de materia seca, la

temperatura ambiental y la flora epifítica, permitieron demostrar que existen especificidades (Luis, Esperance y Ramírez, 1991).

Así, los bajos por cientos de carbohidratos fermentables limitaron que las bacterias lácticas mantuvieran un crecimiento sostenido después de los 10 días de iniciado el proceso de conservación, lo cual permitió que otros microorganismos pudieran desarrollarse. La flora láctica predominante fue del tipo heteroláctica, aspecto que incidió en las altas concentraciones de ácido acético y en un descenso más lento del pH.

Las bacterias entéricas, que normalmente deben ser inhibidas dentro de los 10-20 días, en ocasiones permanecieron activas hasta los 60 días, promoviendo elevados por cientos de $N-NH_3/Nt$.

En los ensilajes cuyo contenido de materia seca fue superior al 25 %, la presión osmótica favoreció la implantación y el predominio de las bacterias ácido lácticas; mientras que la elevación de la temperatura indujo el crecimiento de las bacterias clostrídicas.

Con respecto a este último grupo, su presencia no tuvo un patrón estable, ya que pudo activarse tanto en los primeros 10 días como después de los 60 días o no germinar durante todo el período de conservación. Los factores que más incidieron sobre este comportamiento fueron el contenido de materia seca y la temperatura, pues ni la adición de miel final ni la inoculación de bacterias lácticas seleccionadas pudieron garantizar una efectividad total.

Otro de los aspectos significativos hallados en las investigaciones microbiológicas lo constituyó la presencia de levaduras en todos los ensilajes. Estos microorganismos, considerados como incidentales en muchos ensilajes de las zonas templadas, mostraron ser no solo un grupo activo, sino también predominante en muchos tratamientos, llegando incluso a sobrepasar en número a las bacterias ácido lácticas.

En una primera aproximación se considera que esto es el resultado de una importante flora epifítica que continúa sobreviviendo y desarrollándose en las condiciones de

anaerobicidad de la conservación, dado el carácter facultativo de muchos de esos microorganismos y la facilidad que tienen para utilizar no solo carbohidratos solubles, sino también ácido láctico, aminoácidos y etanol como sustratos. De hecho, una buena parte del ácido acético presente en los ensilajes tropicales puede ser atribuido a la acción de este grupo de bacterias.

El tema de la microbiología de los ensilajes tropicales no puede considerarse como concluido; por el contrario, necesita ser profundizado, ya que de su comprensión depende en buena medida el poder dominar desde el punto de vista científico el proceso de conservación y tomar decisiones precisas, según lo requiera el forraje en particular.

HENIFICACION

En Cuba aproximadamente el 20 % de los forrajes se conservaba en forma de heno (alimento de gran importancia en la cría de animales jóvenes). A pesar de su utilidad era un producto de mala calidad, ya que en la mayoría de los casos se destinaban para su elaboración forrajes de bajo valor nutricional, las tecnologías de fabricación no eran óptimas y el material era afectado por condiciones climáticas adversas.

Tomando en cuenta que el proceso de henificación consiste en la desecación del forraje por medio de la energía solar o artificialmente hasta alcanzar un nivel de 80-85 % de MS y la elevada dependencia de este método de conservación de los factores ambientales, se desarrolló en la EEPF "Indio Hatuey" en el período comprendido de 1978 a 1992 un programa de investigación con el objetivo de elevar su calidad y valor nutritivo, así como reducir las pérdidas durante este proceso.

Efecto de la edad del forraje en la calidad del heno

En un estudio realizado por Esperance y Perdomo (1977) con pangola fertilizada para comparar tres edades de corte (45, 60 y 90 días), los forrajes de 60 y 90 días superaron en el

rendimiento de MS (32 y 48 % respectivamente) al de 45 días, pero el contenido de proteína del heno sufrió una reducción de hasta el 4,5 % en el forraje de mayor edad (fig. 7).

Por otra parte, Veitía y Márquez (1973) al estudiar la composición y la digestibilidad del heno de rhodes, para lo cual cortaron la hierba a los 49 y 63 días de rebrote, observaron que la composición bromatológica y el valor nutritivo se vieron afectados por el estado de madurez del forraje (tabla 28).

Factores que determinan la velocidad de desecación de los forrajes

El estado de madurez con que se cosecha el forraje influye también de manera notable en el

contenido inicial y final de MS, aunque esto se logra a expensas de la calidad y el valor nutritivo del producto final, por lo que no resulta recomendable acelerar la velocidad del proceso por esta vía.

Por ser la henificación el método de conservación de forrajes más dependiente de las condiciones climáticas, es lógico que la época constituya uno de los factores de mayor influencia, lo cual fue corroborado por Esperance y Cáceres (1979) cuando compararon esta práctica en los períodos lluvioso (junio) y poco lluvioso (diciembre) y observaron una mayor tasa de desecación (fig. 8) cuando el corte fue realizado en este último mes.

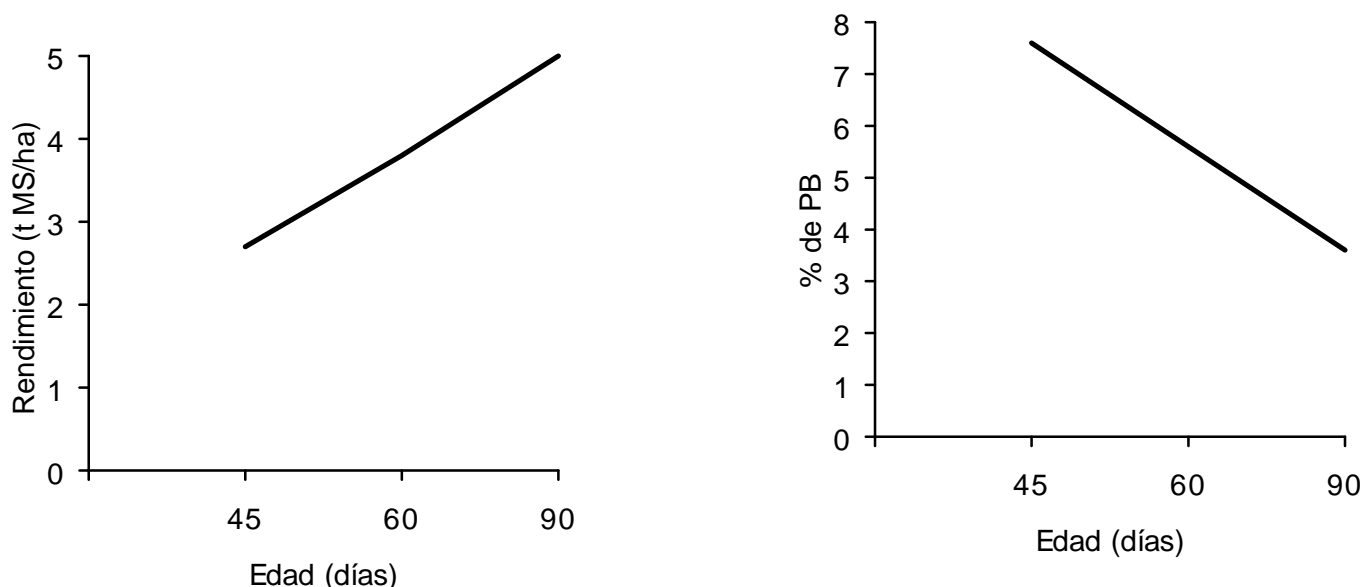


Fig. 7. Efecto de la edad del forraje sobre el rendimiento y la calidad del heno de pangola.

Tabla 28. Valor nutritivo de henos de diferentes edades.

Parámetros	Edad (semanas)	
	9	7
Composición (%)		
MS	87,30	87,10
PB	10,78	13,92
Digestibilidad (%)		
MS	54,40	58,70
MO	55,70	60,10
Consumo de MS (g/kg P^{0,75})	55,80	62,20
Por ciento de hojas	56,00	67,00

Por otra parte, la deshidratación no solo se redujo por efecto de la época, sino que en los días nublados, además de obtenerse un menor contenido final de MS, fue necesario un mayor tiempo de exposición en el campo (fig. 9).

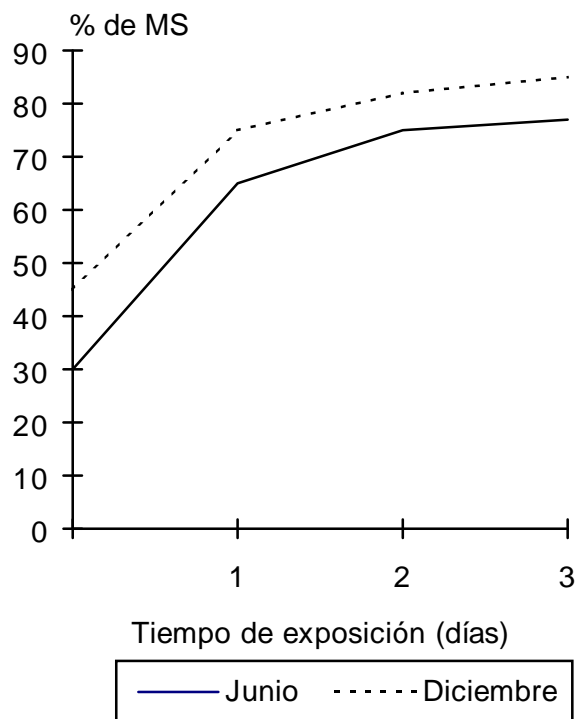


Fig. 8. Curva de desecación según la fecha de fabricación (Esperance y Cáceres, 1979).

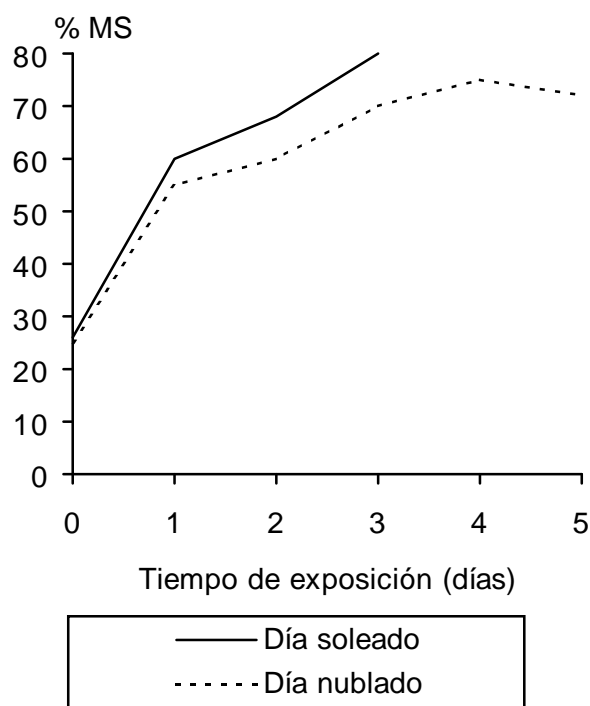


Fig. 9. Variación en el contenido de MS según las condiciones climáticas.

Tecnologías que permiten acelerar la velocidad de desecación

Existen diferentes vías que permiten acelerar el secado del material y de esta forma reducir las pérdidas, principalmente cuando la desecación es escasa o nula con lluvia continua, llovizna o niebla.

En estudios realizados por Gutiérrez, Esperance y Hernández (1979) sobre el efecto del tipo de máquina de corte en la velocidad de desecación y las pérdidas de nutrimentos en el proceso de henificación (fig. 10), se observó que la mayor velocidad de desecación ocurrió cuando el corte se efectuó con silocosechadora (la cual trocea el material a una longitud de partícula de 5 cm), lo que fue atribuido a que el menor tamaño del forraje facilitó una mayor aireación y, por ende, un secado más rápido y uniforme.

A pesar de esto, Esperance y Cáceres (1979), al comparar el empleo de la silocosechadora y la segadora en bermuda cruzada cuando se henificó en agosto bajo buenas condiciones climáticas, no encontraron efecto del tipo de máquina, lo cual pudiera estar relacionado con el estado del tiempo durante la fabricación del heno.

Especies de pastos y sus características henificativas

En las evaluaciones realizadas con diferentes forrajes fue factible constatar que la especie de pasto desempeña un papel importante en la rapidez con que se logra el contenido óptimo de MS para dar por concluido el proceso de henificación.

Al comparar la velocidad de desecación de diferentes especies de pastos, Esperance y Cáceres (1986) observaron ligeras diferencias entre estas, lo que fue atribuido a la resistencia al secado en el caso de la guinea SIH-127, por poseer tallos y raquis más gruesos (fig. 10).

Se ha señalado que la resistencia a la desecación tiene su origen en el interior de los tejidos vegetales y es consecuencia de la cera superficial, la apertura de los estomas y la plasmólisis (separación del contenido celular de las membranas de las células).

A pesar de estas diferencias, los pastos tropicales presentan un contenido de MS óptimo entre el tercer y el cuarto día de exposición al sol (fig. 11).

Aunque en nuestro país y otras áreas tropicales no se han realizado estudios para determinar la influencia de la estructura de las plantas en la velocidad de desecación, deben tomarse en consideración los efectos de este factor sobre las características henificativas de los pastos tropicales.

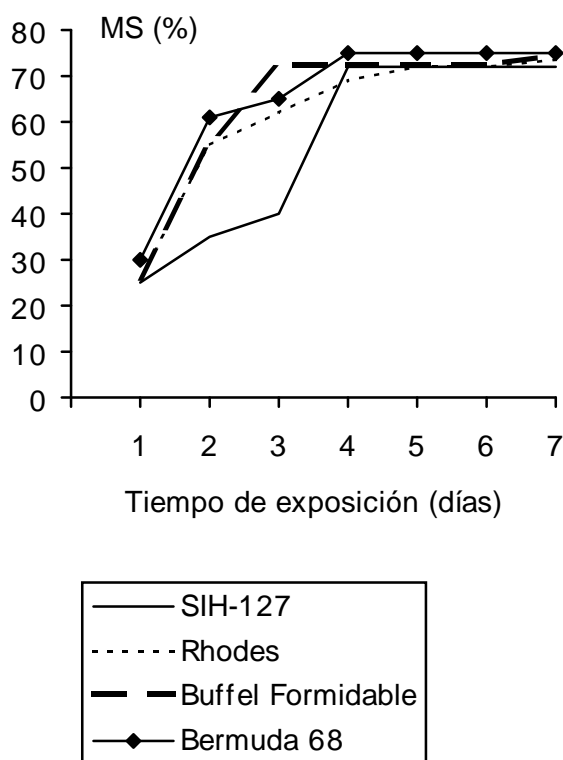


Fig. 10. Variación en el contenido de MS según la especie de pasto (Cáceres y Hernández, 1981).

REFERENCIAS

AGUILERA, G.R. 1979. Dinámica de la fermentación del ensilaje de pastos tropicales. II. Pangola común (*Digitaria decumbens* Stent.) ensilada con y sin el % de melaza de caña de azúcar. **Pastos y Forrajes**. 2:489

ESPERANCE, M. 1978. Niveles de suplementación de concentrados a vacas lecheras con ensilaje ad libitum. **Pastos y Forrajes**. 1:299

ESPERANCE, M. 1984. Estudios para mejorar el sistema de segregación de áreas para conservar en explotaciones lecheras. **Pastos y Forrajes**. 7:95

ESPERANCE, M. 1986. Algunas características fermentativas y valor nutritivo de los ensilajes fabricados en la región occidental de Cuba. **Pastos y Forrajes**. 9:271

ESPERANCE, M. & CACERES, O. 1979. Metodología para la fabricación de heno. Proyecto de aplicación de resultados de la EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. (Mimeo)

ESPERANCE, M. & CACERES, O. 1986. Estudio de algunos factores que afectan la calidad y el valor nutritivo del heno. **Pastos y Forrajes**. 9:91

ESPERANCE, M.; CEPERO, R.; PINO, P.A. & PERDOMO, A. 1980. Métodos de utilización de ensilajes para la producción de leche. **Pastos y Forrajes**. 3:443

ESPERANCE, M. & FIGUEROA, J. 1978. Efecto del heno o el tiempo de pastoreo sobre la producción de leche en dietas de ensilaje ad libitum. **Rev. cubana Cienc. agríc.** 12:131

ESPERANCE, M. & GUERRA, A. 1978. Efecto de diferentes niveles de suplementación de heno y concentrados en dietas de ensilaje ad libitum y pastoreo restringido para la producción de leche. **Rev. cubana Cienc. agríc.** 12:217

ESPERANCE, M.; O'DONOVAN, P.B. & PERDOMO, A. 1978. Sistemas de producción de leche a partir del pasto. I. Segregación de áreas para conservar como ensilaje y heno. **Pastos y Forrajes**. 1:115

ESPERANCE, M. & PERDOMO, A. 1977. Estudios para mejorar la calidad de los ensilajes fabricados en Cuba. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba (Mimeo)

ESPERANCE, M. & PERDOMO, A. 1978. Efecto de la suplementación con concentrado y/o heno sobre el consumo y fermentación ruminal en dietas de ensilajes ad libitum. Primera Jornada Provincial de Medicina Veterinaria. Matanzas, Cuba

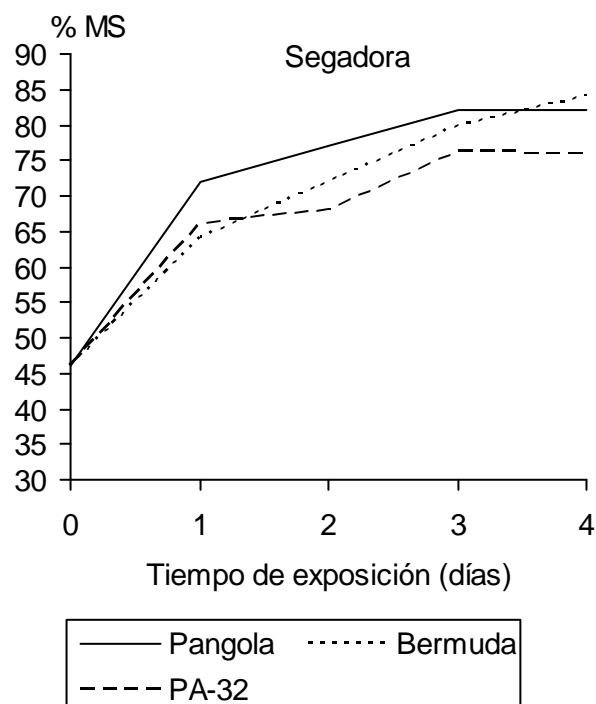
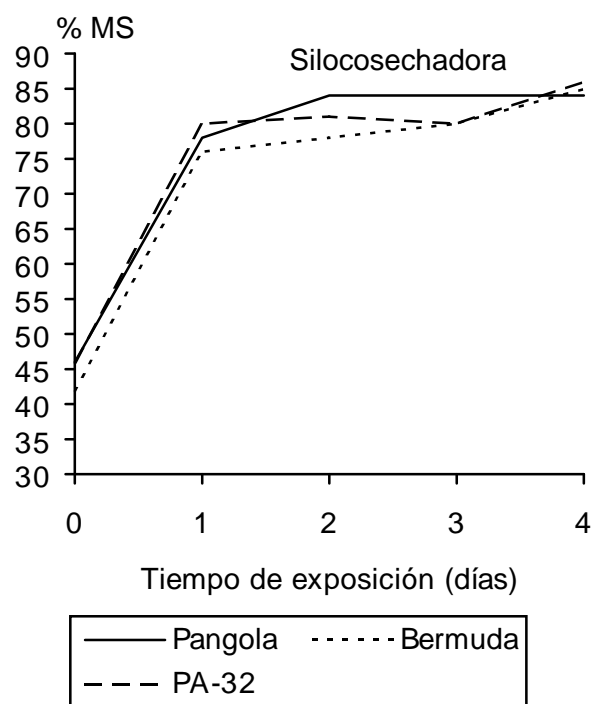


Fig. 11. Variación en el contenido de MS según la máquina de corte y la especie.

GARCIA-TRUJILLO, R. & ESPERANCE, M. 1982. Comparación de tres sistemas básicos para la producción de leche en condiciones de secano. Trabajos temáticos. V Seminario Científico de la EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 88

GUTIERREZ, A.; ESPERANCE, M. & HERNANDEZ, R. 1979. Efecto del tipo de máquina de corte sobre la velocidad de desecación y pérdida de nutrientes de las especies Bermuda cruzada-1, P. común y PA-32. *Pastos y Forrajes*. 2:311

IGLESIAS, J.; PEREIRA, E. & FERNANDEZ, E. 1991. Utilización de cultivos temporales conservados en forma de ensilaje en sistema de secano para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 14:165

JARRIGE, R.; DEMARQUILLY, C. & DULPHY, J.P. 1981. Forage conservation. In: Nutritional limits to animal production from pastures. Proceedings of an international symposium held at St. Lucia, Queensland, Australia. (Ed. J.B. Hacker). Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal, UK-CSIRO, Australia. p. 363

LUIS, LISSETTE; ESPERANCE, M.; OJEDA, F.; CACERES, O. & SANTANA, H. 1992. Fermentación de ensilajes tropicales con la utilización de bacterias ácido lácticas aisladas en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 15:63

LUIS, LISSETTE; ESPERANCE, M. & RAMIREZ, MARISOL. 1991. Utilización de aditivos en la conservación de forrajes en forma de ensilaje. I. Aditivos biológicos. *Pastos y Forrajes*. 14:185

LUIS, LISSETTE & RAMIREZ, MARISOL. 1991. Obtención de bacterias ácido lácticas de ensilajes de pastos tropicales con fines inoculativos. *Pastos y Forrajes*. 14:59

OJEDA, F. 1986. Estudio de los aditivos químicos para la conservación como ensilajes de cuatro gramíneas tropicales. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Dr. en Ciencias Agropecuarias. ICA-ISCAH. La Habana, Cuba. 224 p.

OJEDA, F. & CACERES, O. 1981. Troceado, adición del 4 % de miel y el predeseado, sobre el consumo y digestibilidad de la hierba guinea cv. Likoni. *Pastos y Forrajes*. 4:373

- OJEDA, F. & CACERES, O. 1982. Efecto del troceado y la adición de 4 % de miel sobre el consumo y la digestibilidad del ensilaje de pangola (*Digitaria decumbens* Stent.). **Pastos y Forrajes**. 5:87
- OJEDA, F. & DIAZ, D. 1991. Ensilaje de gramíneas y leguminosas para la producción de leche. I. *Panicum maximum* cv. Likoni y *Lablab purpureus* cv. Rongai. **Pastos y Forrajes**. 14:175
- OJEDA, F. & DIAZ, D. 1992. Estudio de diferentes proporciones de sorgo y dolichos ensilados con y sin preservantes. **Pastos y Forrajes**. 15:77
- OJEDA, F.; ESPERANCE, M. & DIAZ, D. 1990. Mezclas de gramíneas y leguminosas para mejorar el valor nutritivo de los ensilajes tropicales. I. Utilización del dolichos (*Lablab purpureus* (L.) Sweet. **Pastos y Forrajes**. 13:189
- OJEDA, F.; FERNANDEZ, R. & CAÑIZARES, F. 1980. Edad de rebrote y nivel de miel sobre los patrones fermentativos de la hierba guinea cv. Likoni. **Pastos y Forrajes**. 3:481
- OJEDA, F.; JACOME, ISABEL & DIAZ, D. 1992. Efecto de diferentes proporciones de dolichos (*Lablab purpureus* cv. Rongai) sobre la calidad fermentativa de tres gramíneas tropicales. I. Evaluación sin conservantes. **Pastos y Forrajes**. 15:261
- OJEDA, F. & VARFOLOMIEV, G. 1983a. Efecto de los aditivos químicos sobre la conservación del king grass. **Pastos y Forrajes**. 6:117
- OJEDA, F. & VARFOLOMIEV, G. 1983b. Efecto de los aditivos químicos en la calidad de los ensilajes de hierba guinea cv. Likoni. **Pastos y Forrajes**. 6:263
- OJEDA, F. & VARFOLOMIEV, G. 1983c. Efecto de los aditivos químicos sobre los parámetros fermentativos de la bermuda cruzada-1. **Pastos y Forrajes**. 6:391
- VEITIA, J.L. & MARQUEZ, J.R. 1973. Digestibilidad de pasto pangola (*Digitaria decumbens*) verde y del heno de la hierba de Rhodes (*Chloris gayana*) a tres intervalos de corte. **Rev. cubana Cienc. agríc.** 7:23
- XANDE, A. 1978. L'ensilage d'herbe, une technique de conservation de l'herbe permettant de pallier au deficit alimentaire des ruminants durant la periode du careme. I. Aspects theorique et pratique. Particularité des fourrages tropicaux. **Nouv. Agron. Antilles-Guyane**. 4:63