



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**MODIFICACIONES A LA TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN
DE LA CAÑA ENRIQUECIDA Y SU EFECTO EN EL
CONSUMO VOLUNTARIO EN OVINOS PELIBUEY**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

P R E S E N T A :

JUAN RAMÓN MAGAÑA SOLORIO

BIBLIOTECA CENTRAL I. A. U.

CHAPINGO, MÉXICO, SEPTIEMBRE DE 2001.



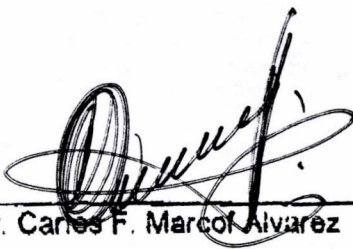
Bib. 96003

**MODIFICACIONES A LA TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE LA CAÑA
ENRIQUECIDA Y SU EFECTO SOBRE EL CONSUMO VOLUNTARIO EN
OVINOS PELIBUEY**

Tesis realizada por **Juan Ramón Magaña Solorio** bajo la dirección del Comité
Asesor Inducido, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR


Dr. Carlos F. Marcof Alvarez

ASESOR


Dr. Luis Alberto Miranda Romero

ASESOR


M.C. José Luis Zaragoza Ramirez

ASESOR


Dr. Marco Vinicio Velarde Hermida

A.39104

**MODIFICACIONES A LA TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE LA CAÑA
ENRIQUECIDA Y SU EFECTO SOBRE EL CONSUMO VOLUNTARIO EN
OVINOS PELIBUEY**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Juan Ramón Magaña Solorio autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal estuvo constituido por:

PRESIDENTE



Dr. Carlos F. Marcof Álvarez

ASESOR



Dr. Luis Alberto Miranda Romero

ASESOR



M.C. José Luis Zaragoza Ramírez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por brindarme la oportunidad de superación profesional y personal.

Al Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, por el apoyo y facilidades en la realización del experimento. En especial a los profesores del área de agronomía: Aída Salcedo, Marco Vinicio Velarde e Ignacio Morales.

A los profesores del Departamento de Zootecnia, en especial a mis asesores, Dr. Carlos F. Marcof Álvarez, Dr. Luis Alberto Miranda, M.C. José Luis Zaragoza y Dr. Marco Vinicio Velarde, por su ayuda en la revisión y redacción de esta tesis y por sus acertadas indicaciones.

Al Dr. Carlos F. Marcof, por su apoyo técnico y económico, y por la excelente dirección de este trabajo.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos generales:

Nombre: Juan Ramón Magaña Solorio

Lugar de origen: San Felipe Chilarillo, Pénjamo, Guanajuato

Profesión: Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Formación académica:

Escuela Secundaria Técnica 70. La Piedad, Michoacán (1986 – 1989)

Documento obtenido: Certificado de estudios de Secundaria

Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. (1989 – 1992)

Documento obtenido: Acreditación de estudios de Preparatoria

Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. (1993 – 1997)

Documento obtenido: Título profesional.

RESUMEN

COMPOSICIÓN QUÍMICA E ÍNDICE DE CONSUMO DE LA CAÑA ENRIQUECIDA CON O SIN ADICIÓN DE LEVADURAS

Magaña Solorio Juan Ramón, Carlos Marcof Álvarez, Luis Miranda Romero, José Luis Zaragoza Ramírez¹ y Marco Antonio Velarde Hermida²

El bajo contenido de proteína en la caña de azúcar se considera causa de un pobre consumo. Incrementando su concentración de proteína natural podría mejorarse el comportamiento animal. Se evaluaron algunas modificaciones a la tecnología de elaboración de caña enriquecida y su efecto sobre composición química e índice de consumo de la misma. Los tratamientos fueron: 1) urea y minerales, 2) urea, minerales y 0.15% de levadura, 3) pollinaza y minerales, y 4) pollinaza, minerales y 0.15% de levadura. Se encontraron diferencias entre tratamientos. La materia seca (MS) varió entre 32 y 38%. La proteína se ubicó alrededor de 15% y la fibra entre 25 y 29% en los tratamientos 1, 3 y 4. Existen diferencias en fósforo (0.4 a 1.5%) y magnesio (0.23 a 1.07%), a favor de los tratamientos con pollinaza ($P < 0.01$). El tratamiento 2 mostró un incremento significativo en la proteína cruda (29.88 vs 14.96%). Posteriormente se efectuó una prueba de consumo con ovinos, para los tratamientos 1 y 2. El consumo (828 vs 895 g de MS) por animal por día también fue superior ($P < 0.01$) en el tratamiento 2, pero no se obtuvo el comportamiento esperado en la ganancia de peso. La adición de levaduras en el proceso de enriquecimiento de la caña mejora su composición y consumo voluntario.

Palabras clave: *Saccharum officinarum*, fermentación, levadura, caña enriquecida.

¹ Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. C.P. 56230.

² Área de Agronomía. Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, Cd. Valles, México. C.P. 13822

ABSTRACT

CHEMICAL COMPOSITION AND CONSUMPTION INDEX OF ENRICHED CANE WITH OR WITHOUT YEAST ADDITION

Magaña Solorio Juan Ramón, Carlos Marcof Álvarez, Luis Miranda Romero, José Luis Zaragoza

Ramírez¹ and Marco Vinicio Velarde Hermida²

The low crude protein content in sugar cane is cause of low consumption. The increase in their natural protein concentration could improve the animal performance. Some modifications to technology of enriched cane elaboration and its effect on chemical composition and index of consumption were evaluated. The treatments were: 1) urea and minerals, 2) urea, minerals and 0.15% yeast, 3) chicken manure and minerals, and 4) chicken manure, minerals and 0.15% yeast. There were differences among treatments. Dry matter (DM) varied from 32% in treatment with urea to 38% in treatments with chicken manure. The crude protein was around 15% in treatments 1, 2 and 3, and the crude fiber was from 25 to 29%. There were differences ($P<0.01$) in phosphorus (0.4 to 1.5%) and magnesium (0.23 to 1.07%) on behalf of treatments with chicken manure. Treatment 2 showed a significant increase in crude protein (29.88 vs 14.96%). Lately, a test of consumption with sheep took place for treatments 1 and 2. The consumption (828 vs 895 g of DM) by sheep per day was also superior ($P<0.01$) in treatment 2, there was not improvement daily weight gain. The yeast addition in enrichment sugar cane process improves its chemical composition and voluntary feed intake.

Key words: *Saccharum officinarum*, fermentation, yeast, enriched sugar cane.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
2.1. General	4
2.2. Particulares	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1. Características del Trópico Mexicano	5
3.2. Importancia ganadera del trópico seco	6
3.3. Características productivas y potencial del trópico seco mexicano	7
3.3.1. El ambiente y la producción de forraje	7
3.3.2. Disponibilidad y composición química del forraje a través del año	8
3.3.3. Potencial productivo de las especies forrajeras tropicales	11
3.4. La caña de azúcar como alternativa forrajera	12
3.4.1. La caña de azúcar en la alimentación animal	13
3.4.1.1. Ventajas del uso de caña como forraje	14
3.4.1.2. Restricciones y rectificaciones en el uso de la caña	17
3.4.2. Asociación de caña de azúcar con leguminosas forrajeras	21
3.5. Caña enriquecida	24
3.5.1. Utilización de la caña enriquecida en la alimentación animal	25

IV. HIPÓTESIS	29
V. MATERIALES Y MÉTODOS	30
5.1. Localización y duración del experimento	30
5.2. Clima	31
5.3. Caracterización de la levadura (inóculo)	31
5.3.1. Velocidad de crecimiento	32
5.4. Caracterización de la caña enriquecida	33
5.4.1. Tratamientos	33
5.4.2. Diseño experimental y análisis estadístico.....	34
5.4.3. Procesamiento y análisis químico de las muestras	35
5.4.3.1. Proteína cruda	35
5.4.4.2. Cenizas y materia orgánica	36
5.4.4.3. Fibra cruda	36
5.4.4.4. Calcio y magnesio	36
5.4.4.5. Fósforo	36
5.5. Determinación del consumo de caña enriquecida	36
5.5.1. Tratamientos	36
5.5.2. Diseño experimental y análisis estadístico	37
5.5.3. Animales	37
5.5.4. Manejo	38
5.5.4.1. Elaboración de la caña enriquecida	38
5.5.4.2. Animales	38
5.5.5. Variables de respuesta	39

5.5.5.1. Consumo de alimento	39
5.5.5.2. Ganancia de peso	39
5.5.5.3. Índice de consumo	39
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
6.1. Caracterización de las levaduras (inóculo)	40
6.1.1. Contenido de proteína cruda	40
6.2. Velocidad de crecimiento	40
6.3. Composición química de la caña enriquecida	43
6.3.1. Materia seca	43
6.3.2. Proteína cruda	44
6.3.3. Fibra cruda y minerales	47
6.4. Consumo de alimento	48
VII. CONCLUSIONES	51
VIII. LITERATURA CITADA	52

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Algunas características de las áreas del trópico mexicano	6
Cuadro 2. Producción de carne de bovino por región ecológica	7
Cuadro 3. Especie forrajera y producción de carne bovina en trópico seco .	8
Cuadro 4. Época del año y producción de carne bovina en el trópico seco (pastoreo).....	9
Cuadro 5. Fertilización nitrogenada y producción de carne en pastoreo en trópico seco	10
Cuadro 6. Producción de carne en pastoreo en trópico seco	11
Cuadro 7. Características productivas de siete variedades de caña para forraje en condiciones de secano	14
Cuadro 8. Digestibilidad y consumo de caña de azúcar molida var. Jaronú 60-5 por ovinos	15
Cuadro 9. Composición química de la caña de azúcar	15
Cuadro 10. Ganancia diaria de peso y consumo de caña de animales en crecimiento-engorda	19
Cuadro 11. Composición química de la caña enriquecida	25
Cuadro 12. Tratamientos experimentales para la caracterización de caña enriquecida	35
Cuadro 13. Contenido de materia seca y proteína cruda de los ingredientes empleados en la elaboración de la caña enriquecida	35
Cuadro 14. Composición química de la caña enriquecida procesada con urea o pollinaza y con o sin la adición de levadura de pan	45
Cuadro 15. Efecto del tipo de caña enriquecida sobre el comportamiento de ovinos de pelo	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización del área de estudio	30
Figura 2. Cinética de crecimiento de tres levaduras del género <i>Saccharomyces</i> en una solución a diferentes concentraciones de sacarosa.....	41
Figura 3. Cinética de crecimiento de la levadura de pan a distintas concentraciones de sacarosa	42

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los sistemas de producción animal del trópico sostienen la mayor parte de la población humana (66%) y tienen la mayor superficie de pastos (Osorio, 1998). En México estos sistemas de producción dependen de 63.5 millones de hectáreas, de las cuales el 53% corresponde a trópico seco y el resto a trópico húmedo (Vázquez 1997). Se ubican principalmente en las planicies costeras del Golfo y del Pacífico, así como en las regiones bajas en el interior del país.

Los principales recursos forrajeros de estas regiones tropicales de nuestro país son los pastizales nativos o naturalizados, los cuales presentan una gran adaptación a diversas condiciones edáficas y climáticas. Otros recursos forrajeros de las áreas tropicales son las plantas arbustivas y arbóreas de las selvas bajas caducifolias y subperenifolias. Se ha demostrado que muchas de estas plantas son excelentes fuentes de proteína, aunque producen una baja cantidad de materia seca por unidad de superficie.

La calidad de la dieta de los animales que dependen del agostadero está influenciada por el tipo de plantas forrajeras, la cantidad de forraje presente y de la etapa fenológica de las plantas forrajeras. Los pastos son una excelente fuente de nutrimentos, si se pastorean durante la época de lluvias, antes de su floración y senescencia, pero en la época de sequía valor nutritivo disminuye

drásticamente y su crecimiento se detiene. Como resultado de lo anterior, la calidad de la dieta del animal presenta diferencias en valor nutritivo y decae el comportamiento animal.

Para suplir las deficiencias nutricionales, el productor debe decidir entre la utilización de esquilmos agrícolas, forrajes conservados (heno o ensilado) o sembrar especies forrajeras de corte. La caña es otra alternativa con grandes ventajas para usarse durante la época seca. La caña puede sembrarse en condiciones de riego o secano y se obtienen altos rendimientos de materia seca por unidad de superficie. Los rendimientos anuales de la caña de azúcar son superiores a cualquier gramínea cultivada en condiciones de secano, con bajas dosis de fertilización y cosechada solamente una vez por año. Además no se requiere de un sitio de almacenamiento pues se puede conservar en pie y cosecharse sólo la cantidad diaria requerida.

A diferencia de otros forrajes, la caña de azúcar aumenta la concentración de azúcares con el avance de madurez, y por tanto su calidad nutricional se incrementa, por lo que si se cosecha durante la época seca su contenido energético será alto. Sin embargo, tiene un bajo contenido de compuestos nitrogenados, por lo que no se recomienda ofrecerla como alimento único. Una solución para aumentar el contenido de nitrógeno es la adición de urea a razón de un kilogramo por cien kilogramos de caña molida, o con una mezcla de melaza-urea proporcionada a libre acceso. Otra forma es aplicar la tecnología creada por el Instituto de Ciencia Animal (ICA) de Cuba, la cual consiste en

fermentar en estado sólido la mezcla de caña con urea (1.5%) y minerales (0.5%), y que da como resultado un alimento con mejores características nutricionales que la caña sola, este producto se denomina caña enriquecida.

La caña enriquecida puede emplearse como dieta base para sustituir los forrajes convencionales o bien como parte de una dieta integral. Cuando se utiliza como forraje es recomendable que no exceda el 75% de la dieta, dado que la concentración energética y la cantidad de fibra realmente fermentable podrían convertirse en factores limitantes para su aprovechamiento; mientras que, cuando se utiliza como parte de una dieta integral, puede sustituir hasta en un 75% a los cereales. Sin embargo, la utilización de la caña enriquecida no ha logrado incrementar lo suficiente el índice de consumo para obtener un buen comportamiento en los animales, como se espera ocurra al incrementar el contenido de proteína, por lo que el presente trabajo experimental se realizó planteando los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS

2.1. General

- Evaluar el efecto de algunas modificaciones a la tecnología de producción de la caña enriquecida en la composición química y el índice de consumo de la misma.

2.2. Particulares

- Cuantificar el efecto de la adición de levaduras en el proceso elaboración de caña enriquecida sobre su composición química.
- Medir el efecto de sustituir la urea por pollinaza, como fuente de nitrógeno en el proceso de elaboración de la caña enriquecida, sobre su composición química.
- Estimar, utilizando ovinos, el índice de consumo de caña enriquecida con o sin adición de levaduras.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Características del Trópico Mexicano

Los sistemas de producción de bovinos del trópico mexicano ocupan una superficie de 63.5 millones de hectáreas, que representan un 33.2% de la superficie nacional; el 53% de esta superficie corresponde al trópico seco (33.9 millones de hectáreas) (Vázquez, 1997). Estos sistemas se encuentran principalmente en las costas del Pacífico y del Golfo de México, que abarcan los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y la mitad de Chiapas al norte Tamaulipas, San Luis Potosí (Las Huastecas) y Veracruz, cuyas áreas se localizan en las planicies costeras formadas por terrenos planos de escaso relieve y las primeras estribaciones de los sistemas montañosos que las limitan tierra adentro (Torres, 1993).

En el trópico seco se localizan regiones ecológicas dominadas por la presencia de selvas caducifolias y subcaducifolias; se localizan a menos de 2,000 msnm, con temperatura media anual superior a 18.0 °C, el mes más frío con 16.0 °C y una mínima extrema de -4.0 °C (Cuadro 1); así como heladas frecuentes y una precipitación pluvial de 600 a 1,300 mm al año, distribuida en un periodo de 115 a 175 días; por lo que resulta un crecimiento vegetal estacional con duración de 115 a 208 días (Jaramillo, 1994). En el trópico húmedo la precipitación anual generalmente supera los 3,000 mm (Cuadro 1) distribuidos en 210 a 280 días,

por lo que el periodo de sequía se reduce solo de 2 a 5 meses, las temperaturas diurnas son superiores a los 30 °C excepto en invierno.

Cuadro 1. Algunas características de las áreas del trópico mexicano.

CARACTERÍSTICA	T. seco	T. húmedo
Precipitación (mm)	600 a 1,300	700 a >3,000
Duración de la época de lluvias (d)	115 a 175	210 a 280
Temperatura media anual (°C)	> 18	> 18
Altitud (m)	0 a 2,000	0 a 2,000
Climas	BS ₁ (h')h, BS ₁ (h'), BS ₁ h A(C)(w), (A)C(w), Aw ₀ , Aw ₁	Af(m), Am y Aw

Jaramillo (1994).

3.2. Importancia ganadera del trópico seco

En la región tropical de México es común la producción de becerros para engorda, pues las condiciones ambientales favorecen la disponibilidad de forraje durante la mitad del año y las razas son encastadas con cebú por lo que la producción de leche es poco favorecida y quizá pueda desarrollarse si se tienen posibilidades de producir una cantidad suficiente de forraje de corte o ensilado (Lastra, 1989).

El principal sistema de alimentación en el trópico es el pastoreo de pastizales nativos o introducidos, pues resulta ser el más económico (Osorio, 1998). Durante la época seca se complementa la alimentación con subproductos agrícolas o forrajes conservados, mientras que los becerros para engorda se alimentan con dietas balanceadas en forma de concentrados y preferentemente en las regiones más secas.

Cuadro 2. Producción de carne de bovino por región ecológica.

Región	Toneladas	%
Trópico húmedo y seco	474,269	35.4
Árida y semiárida	442,709	33.0
Templada	423,031	31.6
Total	1,340,009	100.0

Fuente: (SAGAR, 1999).

3.3. Características productivas y potencial del trópico seco mexicano

3.3.1. El ambiente y la producción de forraje

Un ambiente tropical con altas temperaturas y humedad ofrece condiciones favorables para un desarrollo vegetal exuberante. Sin embargo, como resultado de una época de lluvia bien definida ocurre una estacionalidad para la producción de forraje. Las altas temperaturas y los largos días soleados provocan una mayor lignificación del forraje ya que el crecimiento rápido exige una mayor cantidad de componentes estructurales para sostener a la planta, además ocurre un envejecimiento más rápido de la planta y una menor digestibilidad del forraje. Además estas temperaturas provocan cambios metabólicos en el animal, el cual trata de mantener su temperatura e incrementa el gasto energético y disminuye el consumo voluntario, por lo que el animal está más predispuesto al ataque de plagas y enfermedades (Osorio, 1998).

La disponibilidad de agua es otro factor limitante para la producción de carne en la región de trópico seco de México, dada la variación en la distribución de la precipitación a través del año causa variaciones en la producción de forraje y en

su disponibilidad para la producción animal y un incremento en los costos de producción del sistema de producción animal (Barker y Caradus, 2001).

Aún así se reportan promedios de producción de carne para esta región ligeramente superiores que para la región tropical húmeda. Esto es en parte porque la mayoría de estudios se realizan en la época de lluvias, en algunos casos se incluye riego y elevadas dosis de fertilización nitrogenada, por lo que resulta un buen comportamiento animal y mayor carga animal (Cuadro 3).

Cuadro 3. Especie forrajera y comportamiento productivo para bovinos en trópico seco.

Forraje	Ganancia de peso		Carga animal (UA/ha)	Número de promedios
	g/a/día	Kg/ha/día		
Estrella	391	1.29	1.53	39
Estrella-bermuda	909	2.75	1.72	3
Estrella-guaje	510	1.6	1.62	3
Guinea	445	1.16	1.34	23
Para	366	1.16	1.7	7
Pangola	478	1.82	2.32	37
Jaragua	360	1.23	2.25	2
Buffel	572	1.14	1.08	21
Promedio	504	1.5	1.7	

Fuente: Tafoya (1989).

3.3.2. Disponibilidad y composición química del forraje a través del año

Herrera y Hernández (1989) mencionan que, la calidad del pasto se define como la relación entre las sustancias químicas, la digestibilidad y la producción de materia seca y señalan que los pastos tropicales crecen más rápido durante la época lluviosa y producen mayor cantidad de materia seca. Sin embargo, ese incremento en rendimiento se explica básicamente por la producción de tallos,

mientras que durante la época seca se disminuye su velocidad de crecimiento e incrementa la cantidad de hojas. También reportan un mayor rendimiento de proteína cruda (t/ha) en la época seca comparado con la época de lluvias para rebrotes de 5 semanas (0.7 vs 0.69) y 9 semanas (0.68 vs 0.62) de edad en pasto bermuda. La digestibilidad de la materia seca y el contenido de proteína del pasto bermuda son superiores en la época seca, pero su rendimiento es menor que en la época de lluvias (Herrera Hernández, 1993).

Se reporta que la mayor concentración de nitrógeno en las hojas, durante la época seca, se debe a un menor efecto de dilución de ese elemento debido a la menor área foliar, por lo que se espera una buena respuesta individual de los animales, si la cantidad de forraje no es limitante, además que con el avance de la estación seca el crecimiento del pasto se disminuye al igual que el comportamiento animal (Cuadro 4), mientras que en la época de lluvias el crecimiento del pasto es rápido y el animal tiene posibilidad de seleccionar su dieta para obtener alimento de mejor calidad por lo que su comportamiento productivo es mayor (Chacón-Moreno *et al.*, 1995).

Cuadro 4. Época del año y producción de carne bovina en el trópico seco (pastoreo)[†].

Característica	Época del año	
	Seca	Lluvias
Ganancia de peso, kg/animal/día	0.261 (0.139)	0.663 (211)
Producción de carne, kg/ha/día	0.432 (0.289)	1.752 (0.635)
Carga animal, animales/ha	1.6 (0.3)	2.8 (0.9)

[†] Desviación estándar entre paréntesis

Fuente: Tafoya (1989).

La fertilización es una práctica que ha demostrado aumentar la producción de materia seca, el contenido de proteína cruda y fibra cruda en el pasto guinea (*Panicum maximum*), esto fue comprobado en algunos trabajos (Cuadro 5) como los de Ojeda *et al.* (1992), Mesa *et al.* (1989) y Cáceres *et al.* (1989), quienes detectaron incrementos en la producción de materia seca (20%) en king grass (*Penisetum purpureum*), guinea (40%) y en el contenido de proteína cruda en pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) (65%), el king grass (70%) y el pasto guinea (90%). Sin embargo, el contenido de proteína cruda disminuyó con la edad del forraje. También se ha encontrado que una mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo incrementa la digestibilidad de la materia seca del pasto bermuda (Herrera y Hernández, 1993).

Cuadro 5. Fertilización nitrogenada y producción de carne en pastoreo en trópico seco^Φ.

Característica	Testigo	Fertilizado	Mejoramiento, %
Ganancia de peso, kg/animal/día	0.466 (0.097)	0.503 (0.112)	7.9
Producción de carne, kg/ha/día	1.003 (0.363)	1.703 (0.504)	69.8
Carga animal, cab/ha	2.1 (0.6)	3.5 (0.8)	66.7

^Φ Desviación estándar entre paréntesis

Fuente: Tafoya (1989).

Como las fuentes de nitrógeno son un insumo que eleva el costo de producción, su uso en un programa de fertilización nitrogenada es poco aceptado por el ganadero, especialmente por aquellos que practican el pastoreo continuo con manejo tradicional.

3.3.3. Potencial productivo de las especies forrajeras tropicales

Las altas tasas de acumulación de forraje en los pastos tropicales representan una ventaja para conservación y almacén de los excedentes, pero pueden limitar la producción animal por razones de cantidad y calidad del forraje consumido (Moarcy *et al.*, 2001).

Según Martín (1998), los pastos de los principales géneros de las gramíneas tropicales tienen una adecuada relación de proteína-energía para cubrir los requerimientos para mantenimiento y una ganancia diaria de 700 g (10.66 g PC/MJ de EM), tanto en la estación seca como lluviosa, excepto cuando se trata de pastos con avanzado estado de madurez. Sin embargo, esta situación generalmente se ve incumplida, sobre todo durante la época seca, cuando el animal debe recorrer grandes distancias para compensar sus requerimientos de consumo y energía.

La suplementación nitrogenada es importante en los sistemas de producción animal en el trópico, el objetivo principal de ofrecer suplementos nitrogenados a los animales es que incrementen su eficiencia de utilización de la dieta basal (Merkel *et al.*, 1999), que contiene suficiente energía en los carbohidratos estructurales y que puede hacerse disponible por los microorganismos del ruminales, cuando existe suficiente nitrógeno en el medio ruminal.

Cuadro 6. Producción de carne en pastoreo en trópico seco.

Especie	Carga animales/ha/año	GDP g / día	Producción de carne kg / ha / año	Fertilización kg / ha / año
Llanero	4	340	496	0
Brachiaria spp	4	342	501	0
	4	438	639	150
	3	483	528	200
Estrella	2	439	321	0
	3	433	481	100
	4	400	584	150
	3.8	388	538	200
	4.7	329	537	300
Guinea	1.63	332	197	0
	3.5	424	542	0
	2.9	530	554	100
	3	418	458	200
Buffel	1.63	421	250	0
	3.26	447	531	100
Promedio	3.5	411	477	

Adaptado de varios autores citados por Valdez y Molina (1990) y Durán (1994).

3.4. La caña de azúcar como alternativa forrajera

En las regiones tropicales y subtropicales ubicadas en las zonas costeras del Golfo y el Pacífico de México se cultivan más de 500 mil hectáreas con caña de azúcar (SAGARPA, 2000). El 25% de esa producción es punta de caña, la cual puede ser usada en la alimentación de rumiantes, y melaza que se usa como suplemento energético.

Los ganaderos de las regiones tropicales tienen la posibilidad de sembrar caña de azúcar como una reserva de alimento para el ganado. Su ventaja como forraje es que no pierde su calidad al madurar, aumenta su cantidad energía y es un forraje que no requiere ser almacenado ya que se puede cosechar justo antes de ofrecerlo al ganado. Debe recordarse que la caña de azúcar presenta

deficiencias en nutrimentos nitrogenados, por lo que se debe proporcionar un suplemento con cantidades suficientes de nitrógeno no proteico y proteína verdadera, para lograr un buen comportamiento productivo de los animales.

3.4.1. La caña de azúcar en la alimentación animal

La utilización de la caña como alimento para el ganado se inició en Barbados en 1970, encontrando que era factible producir leche y carne cuando se utiliza como fuente principal de energía la caña molida y descortezada (Cuevas, 1975). En México, los primeros trabajos con caña se realizaron en el Centro de Investigación y Experimentación Ganadera (CIEG), en Chetumal, Q. Roo, donde se hizo una comparación entre la caña descortezada y la caña integral molida como fuente principal de energía en la engorda del ganado cebú. Los resultados obtenidos muestran que no existe diferencia significativa entre tratamientos al evaluar la ganancia diaria de peso, inclusive se obtuvo una superioridad de un 10% con el uso de la caña integral molida; y por supuesto el costo de procesamiento fue más económico cuando no se utilizaba la máquina descortezadora.

La caña de azúcar debe ser proporcionada lo más fresca posible, para evitar que se inicie un proceso de fermentación natural en el cual se transforma parte de los azúcares en ácidos orgánicos y alcohol, que son de bajo valor energético y afectan el comportamiento productivo del ganado (Álvarez *et al.*, 1979).

3.4.1.1. Ventajas del uso de caña como forraje

La caña de azúcar presenta una serie de características productivas y nutricionales (Cuadro 7) que la hacen deseable como una alternativa de alimentación en las regiones tropicales donde el productor afronta de manera cíclica deficiencias de forraje, que deben cubrir no solo con residuos de cosechas, sino con un porcentaje de alimentos energéticos y proteínicos para evitar pérdidas de peso en su ganado. Entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

Como cultivo la caña de azúcar es muy eficiente para captar la energía solar, absorber nutrientes del suelo y producir una gran cantidad de biomasa, gracias a un sistema enzimático adicional que le confiere esta característica (Cuevas, 1975; Preston y Willis, 1986; Álvarez, 1991). Otros forrajes tropicales cultivados en condiciones similares a las que se mantiene la caña de azúcar, difícilmente podrían alcanzar estos niveles de producción.

Cuadro 7. Características productivas de siete variedades de caña de azúcar utilizadas como forraje en condiciones de secano^s.

Cultivar	Rendimiento (t/ha)		% de la MS			
	MV	MS	PC	FC	EE	Cenizas
Mayarí 5514	133.79	39.56	3.75	24.61	0.93	3.61
Mayarí 54129	120.00	36.74	3.51	27.01	0.54	5.26
Canal Point 5243	119.09	33.66	3.68	25.17	0.83	3.79
Jaronú 60-5	98.18	32.31	3.79	21.22	1.17	3.55
Barbado 4362	103.94	31.83	3.68	21.39	0.89	3.12
Cuba 8751	96.67	30.31	3.70	31.29	0.72	4.41
Jaronú 60-9	93.49	28.08	3.51	24.85	0.39	3.15

^s Las parcelas fueron fertilizadas con 90, 45, 126 kg/ha de N, P y K respectivamente
Fuente: Franco (1981).

Produce una gran cantidad de nutrientes digestibles por unidad de superficie. La digestibilidad de la materia orgánica de la caña, y por tanto su potencial alimenticio, se incrementa al aumentar el rendimiento agrícola como forraje integral (Molina, 1997). Al procesar la caña integral, sin extraerle el azúcar, el potencial equivale a una carga animal de 20 animales/ha/año (Leng y Preston, 1976).

Cuadro 8. Digestibilidad y consumo de caña de azúcar molida var. Jaronú 60-5 por ovinos.

Variable	Unidades Porcentuales
Proteína Cruda	3.59
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS	64.48
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la PC	68.90
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la MS	63.30
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la MO	58.10
Consumo, g/día/ PV ^{0.75}	61.90

Fuente: Martínez (1997).

Los mayores valores en la digestibilidad de la materia seca (Cuadro 9) en algunas variedades de caña de azúcar pueden estar asociados con un mayor contenido de azúcares solubles y menor contenido de fibra detergente ácido y detergente neutro (Aranda, 2000).

Cuadro 9. Composición química de la caña de azúcar.

Composición	Mex69-290	Mex83-481	Q-107	EE
Materia seca, %	32.00	31.90	32.60	0.81
Proteína, %	1.93	2.53	1.94	0.20
Contenido Celular, %	46.30	39.50	47.29	3.60
Fibra Detergente Neutro, %	53.51	60.50	52.585	3.58
Fibra Detergente Ácido, %	39.06	44.86	37.50	1.20
° Brix	18.90	16.40	19.60	1.78
Digestibilidad <i>in situ</i> % (96 h)	63.80	55.10	61.80	3.22

Fuente: Aranda 2000.

La caña de azúcar es un excelente vehículo para el uso de nitrógeno no proteico, cuando se ofrece como alimento al ganado se recomienda adicionar el 1% de urea a la caña fresca (Molina, 1997). Álvarez y Preston (1976) mencionan valores óptimos de 40 g de urea/kg de MS digestible, mientras que Álvarez (1991) sitúa este valor en 30 g de urea/kg de MS. Las dietas basadas en caña mas urea y suplementadas con pulidura de arroz, muestran una respuesta adicional en ganancia de peso (Leng y Preston, 1976; Ferreiro *et al.* 1977a; Álvarez y Preston, 1976; Silvestre *et al.* 1977). Ello se debe a que la pulidura de arroz contiene cantidades importantes de carbohidratos y proteína de sobrepaso que pueden ser utilizados más eficientemente a nivel postruminal.

Como cultivo presenta una producción máxima en época seca, a diferencia de los cultivos forrajeros tradicionales, pues su rendimiento se incrementa conforma avanza la madurez, por lo que no se recomienda utilizarla antes de 8 meses de edad, ya que su mayor contenido de proteína y menor de fibra lignificada de la caña joven, no compensan el incremento en el contenido de azúcares de la caña madura (Banda y Valdez, 1976; Álvarez y Preston, 1976; Ferreiro *et al.* 1977b), mientras que durante le época de lluvias se disminuye la cantidad de materia seca y Brix de la caña de azúcar (García *et al.*, 1990).

Se puede cultivar tanto en condiciones de riego como de secano y se almacena sola en el campo.

Sansoucy *et al.* (1988) encontraron que cuando se utiliza la caña de azúcar como suplemento durante la época seca, se reduce favorablemente el sobrepastoreo, los costos de alimentación y el efecto destructivo de los animales sobre la pradera. Además, mejora el comportamiento animal al disminuir la estacionalidad de la producción y evitar pérdidas drásticas de peso vivo.

3.4.1.2. Restricciones y rectificaciones en el uso de la caña

Desde los primeros trabajos, se ha establecido que el bajo contenido de nitrógeno en la caña de azúcar es una de las principales limitantes por propiciar un bajo consumo. El consumo de caña afecta el comportamiento del ganado, como en todo alimento fibroso, pues determina la cantidad de energía que estará disponible para los procesos productivos (Martín y Brito, 1996).

El forraje de caña es un alimento que aún cuando se suplementa adecuadamente es consumido en cantidades limitadas, por lo que es recomendable que las raciones basadas en caña de azúcar contemplen además la adición de al menos 15 kg de forraje verde o de pastos de regular a buena calidad (Molina, 1997). También es recomendable la adición de proteína y minerales para obtener resultados favorables, por lo que la suplementación correcta es la clave de la productividad en los sistemas que utilizan la caña de azúcar (Álvarez, 1991). Los principios para la suplementación de las dietas de caña de azúcar están bien definidos y se basan en:

a) Satisfacer las necesidades de nitrógeno fermentable (amoníaco), nutrientes traza (péptidos, aminoácidos, minerales y vitaminas) de los microorganismos ruminales y los atributos físicos de un ecosistema ruminal eficiente (pequeñas cantidades de fibra verdaderamente fermentable).

b) Fuentes sobrepasantes de proteína, precursores de glucosa y ácidos grasos de cadena larga, de manera que el producto final de la fermentación pueda ser balanceado de acuerdo a las necesidades de la función particular de producción.

c) Utilizar alimentos o sustancia químicas capaces de manipular la fermentación ruminal, como incrementar en la proporción de propionato o reducir la población de protozoarios en el rumen.

Se debe considerar también que las fuentes de proteína sean ricas en aminoácidos azufrados, o bien se debe proporcionar una mezcla mineral que contenga principalmente fósforo y azufre, también la suplementación con pulidura de arroz produce una respuesta favorable en el comportamiento de los animales por ser rica en metionina, histidina y treonina (Ferreiro *et al.*, 1977a).

La pulidura de arroz es un excelente complemento para la caña de azúcar dado que el almidón que presenta escapa casi en un 100% a la fermentación ruminal (Elliot *et al.*, 1978; citado por Preston, 1989) y proporciona una cantidad considerable de grasa y pequeñas cantidades de proteína sobrepasante (Preston, 1989).

Cuadro 10. Ganancia diaria de peso y consumo de caña de animales en crecimiento-engorda¹.

Peso Vivo	Ganancia de PV	Consumo g/d de Caña	Otros alimentos proporcionados	Fuente
		kg MS/d		
78	64	1.53	Leucaena	Hulman y Preston (1981)
73	105	1.52	Leucaena	Hulman y Preston (1981)
160	166	2.72	-	Molina (1993)
267	434	5.83	-	Molina (1993)
176	611	4.02	Miel.urea	Molina (1993)
283	538	5.40	Miel.urea	Molina (1993)
222	216	4.20	Miel fermentada	Molina (1993)
253	230	4.20	Harina de sangre	López y Preston (1977)
272	240	4.60	H. sangre + Pulidura Arroz	López y Preston (1977)
302	550	5.30	H. sangre + Pulidura Arroz	López y Preston (1977)
261	532	2.35	Pulidura de arroz	Siebert <i>et al.</i> (1976)
152	610	2.13	Leucaena	Siebert <i>et al.</i> (1976)
152	610	3.57	Harina de carne	Siebert <i>et al.</i> (1976)
268	638	3.87	Pulidura de arroz	Preston <i>et al.</i> (1976)
278	794	4.28	Pulidura de arroz	Preston <i>et al.</i> (1976)
152	730	3.31	Urea y sulfato	Preston <i>et al.</i> (1976)
268	658	4.91	Pulidura de Arroz	Álvarez <i>et al.</i> (1979)
278	795	5.36	Pulidura de arroz	Álvarez <i>et al.</i> (1979)
277	930	5.99	Cogollo + Suplemento Proteico	Dixon (1978)
274	890	5.46	Heno + Suplemento Proteico	Dixon (1978)
276	950	4.85	Suplemento proteico ^a + heno	Dixon (1978)
278	1000	4.89	Suplemento proteico ^a + pulpa cítrico	Dixon (1978)
276	950	3.80	Suplemento proteico ^a + heno	Dixon (1978)
286	1110	4.70	Suplemento proteico ^a + trigo	Dixon (1978)
338	945	4.41	Concentrado	Ortiz <i>et al.</i> (1978)
348	964	4.68	Concentrado	Ortiz <i>et al.</i> (1978)
407	1310	5.61	Maíz. H. De algodón	Pate (1981)

¹ Modificada de Martín (1997)

^a El suplemento consistió en 80% de harina de canola, 7% de urea, 5% de alfalfa deshidratada, 5% de fosfato dicálcico, 0.25% de azufre (en forma elemental), 0.25% de cebo, 0.5% de óxido de magnesio y 0.5% de una premezcla que contenía vitaminas A, D y E, y magnesio, zinc, hierro, cobalto, yodo y selenio en pequeñas cantidades. El contenido total de nitrógeno era 7.2%.

Cuando se adicionó urea y sulfato de amonio a la dieta de caña (Preston *et al.* 1976; citado por Martín 1997) obtuvieron ganancias de peso de 730 g/animal/d, considerando que la urea sólo proporciona amoniaco para la síntesis de proteína bacteriana.

El consumo de caña por animales con un peso promedio de 284 kg no excede los 6 kg de materia seca (Martín y Brito, 1996), lo que representa un consumo máximo promedio de 2.14% del peso vivo. Además, mencionan que el consumo de caña puede disminuirse si el consumo de proteína se disminuye, por lo que estas dietas deben ser suplementadas o complementadas con una fuente de proteína natural. De acuerdo con los modelos de regresión obtenidos por estos autores, lo único que se relaciona, con muy baja significancia, con el consumo de caña es el consumo de proteína natural total. Es decir, la proteína de la caña y la del suplemento que no estuvo aportada por la urea.

Muñoz *et al.* (1987, citados por Martín y Brito, 1996) obtuvieron incrementos en la digestibilidad del forraje de caña al suplementar con nitrógeno no proteínico, sin obtener mejoras en el consumo. Aranda (1979, citado por Aranda 2000) determinó un consumo voluntario de caña de azúcar en borregos pelibuey de 0.425 kg de MS/animal/día, pero al incluir urea se incrementó en 44%. Martín y Brito (1997) sugieren que, de un 30 a 50% de la proteína suplementada a las dietas de caña debe provenir de fuentes de proteína natural para lograr mejoras en el comportamiento animal.

Otras estrategias que intenta incrementar el consumo de caña de azúcar incluyen el enriquecimiento proteico del forraje a partir de su asociación con leguminosas, que contienen cantidades elevadas de compuestos nitrogenados. Al respecto, Delgado *et al.* (1996), observaron que la ingestión de materia seca aumentó linealmente con la inclusión de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) hasta niveles de 60% en dietas para ovinos. Basándose en el peso metabólico, el consumo se elevó de 65 a 73 g/kg de PV^{0.75}, valor similar al que alcanzan los carneros alimentados con forraje de buena calidad.

La suplementación con (fuentes proteínicas) a dietas basadas en caña de azúcar con mediante el uso de Bloques Multinutricionales (BMN), permite adicionar urea y regular su consumo, reduciendo así los riesgos de toxicidad. En forrajes de mala calidad complementados con BMN elaborados con 7.5 ó 15% de urea, se lograron incrementos significativos (67.37 y 71.07 g de MS/kg de PV^{0.75}) en el consumo, en comparación con bloques sin urea (Mejía *et al.*, 2000). Negrete (2000), obtuvo un incremento (45 a 49 g/kg de peso metabólico) en el consumo de caña suplementada con BMN.

3.4.2. Asociación de caña de azúcar con leguminosas forrajeras

Existe poca información disponible acerca de la asociación de leguminosas en los cultivos de caña de azúcar con propósito de producción de forrajes para la época seca. Probablemente porque la principal limitante que encuentra el ganadero es la necesidad de adaptar el ciclo vegetativo de las leguminosas al momento de cosecha de la caña. No obstante, en las regiones cañeras de

nuestro país es común observar cultivos de frijol, el cual se siembra anualmente después de la zafra, asociados a la caña de azúcar para ingenio. Aunque también es cierto que este tipo de productores acuden preferentemente a la fertilización nitrogenada para obtener niveles aceptables de producción, tanto de frijol como de la caña (600 a 1000 kg de frijol/ha/año).

Pedraza *et al.* (1998) adicionaron follaje de *Gliricidia sepium* (0, 15 y 30% de la MS) a dietas de punta de caña para vacas lecheras, suplementadas además con BMN (10% de urea y 25% de harina de follaje de *G. sepium*) y detectaron que el consumo fue mayor con la proporción 85 punta de caña:15 *Gliricidia*, (127.56 vs 97.34 g de MS/kg P.V^{0.75}) comparado con punta de caña sola, sin embargo, no mejoró la producción ni la composición de leche de los animales. Por otra parte Milagros *et al.* (1989) encontraron que la producción de leche fue mayor cuando se dio acceso a forraje de leguminosa que con caña sola (10.6 y 9.7 kg/vaca/día, respectivamente), al combinar el pastoreo de zacate estrella más *Glicine* en banco de proteína y la caña. Con esta base recomiendan proporcionar un suplemento proteico-energético a la dieta cuando el nivel de producción de leche es superior a 10 kg/animal/día.

Martínez (1997b) menciona que las leguminosas mejoran la calidad del forraje suministrado al animal pues incrementan el contenido de proteína cruda, mejoran en 12% la digestibilidad del mismo y reducen el uso de urea en la alimentación animal. Como beneficio adicional, mejoran las condiciones del suelo al aportar nitrógeno al sistema mediante mecanismos de transferencia de

nitrógeno como la liberación de exudados por la raíz, descomposición de nódulos, raíces y hojas e intercambio entre raíces e hifas de hongos micorrizógenos y transferencia en forma de amonio hacia otras plantas asociadas a las leguminosas (Hernández (1998).

Para lograr una buena asociación de caña y leguminosas se debe tener cuidado en el manejo del cultivo, seleccionar especies adecuadas (*Macroptilium atropurpureum* cv. *Siratro*, *Neonotonia wightii* cv. *Tinaroo*, *Dolichos lablab* cv. *Purpureus*) u otras que regionalmente presenten características como hábito trepador, resistencia a la sequía y al sombreado, así como un ciclo vegetativo largo.

Iriondo *et al.* (1998), evaluaron el efecto de la alimentación de vacas lecheras durante la época seca, con una dieta de caña y leguminosa (*Macroptilium atropurpureum* cv. *Siratro*) cultivadas en asociación. En este caso el siratro representó un 17,6 % de la población vegetal total y las vacas utilizadas eran cruza de Holstein X Cebú, de 400 kg de peso vivo y entre 40 a 70 días de lactancia. De los resultados de este experimento cabe destacar que el rendimiento de la caña asociada con leguminosa superó en 7.5 toneladas de MS/ha a la caña sola, mientras que no hubo diferencias en la producción de leche entre tratamientos, pero los animales alimentados con caña de azúcar y leguminosa terminaron con una mejor condición corporal.

3.5. Caña enriquecida

Elias *et al.* (1990) mencionan, que la caña tiene una materia orgánica altamente digestible (87.5 %), debido a su alto contenido de carbohidratos solubles (66.6%)y contenido celular (61.8 %). Sin embargo, el alto contenido de carbohidratos solubles en la dieta de los animales produce inhibición en la celulolisis ruminal, lo que limita a la caña de azúcar como fuente básica energética para los rumiantes.

En este sentido Elias *et al.* (1990) desarrollaron una tecnología tendiente a disminuir el contenido de carbohidratos solubles de la caña y que consiste en la adición de urea y una fuente rica de macro y micro minerales al tallo de caña, sin hojas ni punta, molido para favorecer el desarrollo de microorganismos en una fermentación aerobia. Los resultados se evaluaron como porciento de nitrógeno precipitable al ácido tricloroacético, lo que representa al nitrógeno de aminoácidos o proteína verdadera, proveniente de los microorganismos (principalmente levaduras) desarrollados en el proceso. El producto obtenido se denominó saccharina o caña enriquecida (Cuadro 11) (Elías *et al.*, 1990), y presenta contenido de proteína similar a los cereales y un alto nivel energético (11–16% y 14.5–16.5 MJ/kg, respectivamente).

Las levaduras que se desarrollan durante el proceso de fermentación de la caña enriquecida utilizan tanto el nitrógeno mineral como el orgánico y responden a la adición de elementos traza como las vitaminas (Elias y Lezcano, 1993). Rodríguez *et al.* (1998) señalan, que la inclusión de una fuente de almidón

(camote), no representa ventaja alguna sobre el proceso de fermentación de la caña. Otros autores han incluido maíz y trigo (González *et al.*, 1997; Reyes *et al.*, 1997) o follajes de leguminosas como la leucaena u otros con alta concentración de compuestos nitrogenados como el follaje de yuca (García López *et al.*, 1994b) con la intención de mejorar el consumo de la caña enriquecida y el comportamiento animal, por lo que podemos pensar que es posible mejorar la tecnología de producción de la caña enriquecida y el comportamiento productivo de los animales que se alimentan con este producto.

Cuadro 11. Composición química de la caña enriquecida.

	1	2	3
Materia seca	31.68	46.0	47.0
Proteína bruta (N X 6.25)	15.1	13.6	7.5
Nitrógeno precipitable (TCA) (N X 6.25)	7.3	5.6	4.1
Cenizas		4.6	3.0
Fibra bruta	33.2		30
Calcio		0.30	0.20
Fósforo		0.24	0.20
EM (Mj/kg)			14.7

¹ Delgado *et al.* (1997); ² García-López *et al.* (1994); ³ Fundora *et al.* (1996).

3.5.1. Utilización de la caña enriquecida en la alimentación animal

Según García-López *et al.* (1994), la fermentación previa de la caña de azúcar permite mejorar la respuesta animal al compararse con animales que consumen solo caña fresca con aditivos, debido a la mayor calidad en el aporte de

proteína de la caña enriquecida. Además, Elías (1989, citado por Zarragoitia *et al.*, 1990) sugiere, la posibilidad de que se incremente la actividad de las bacterias celulolíticas del rumen por la inclusión de la saccharina.

Sin embargo, la caña enriquecida no debe suministrarse durante la etapa de alimentación inicial del ternero, pues provoca una disminución en el desarrollo ruminal (menor grosor de la mucosa y menor crecimiento papilar), debido a que se disminuye la relación entre los ácidos propiónico y butírico. También se disminuyen las ganancias de peso por el mayor consumo de fibra y la consecuente disminución del nivel energético de la ración (Dolores Marrero *et al.*, 1993).

La caña enriquecida permite alcanzar un índice de consumo de hasta 80 g de MS/ PV ^{0.75}, el cual es bastante aceptable y tan alto como el señalado para forrajes tropicales de alta calidad (Ruiz *et al.*, 1990). El nivel de consumo también se afecta por el tamaño de partícula de la caña enriquecida, pero de forma inversa a la de otros forrajes altos en fibra, pues la caña enriquecida producida con partículas gruesas permite mayores niveles de consumo (Delgado *et al.*, 1997), esto se debe posiblemente a la mejora en el ambiente ruminal, dado que los animales tienen que rumiar más y por tanto producen mas saliva que regula el pH y la concentración de amoníaco. Geerken *et al.* (1994), muestran un incremento significativo en el contenido de proteína verdadera (7.3% vs 5.0%) y la digestibilidad (64% vs 58%) de la caña

enriquecida preparada con caña troceada en comparación con caña molida, lo cual resulta en un mayor consumo y mejor comportamiento animal.

Fundora *et al.* (1994), mencionan un incremento en las ganancias diarias de peso de novillos en engorda al proporcionar saccharina rustica o miel proteica casera en las dietas. El incremento en ganancia diaria de peso fue proporcional al nivel de forraje, obteniendo 695 g/d cuando se ofrecieron 4.5 kg de forraje/100 kg de PV y 675 cuando se ofrecieron 3 kg de forraje/100 kg de PV, en comparación con 450 g/d cuando solo se adicionó melaza con 3% de urea y 460 g de harina de girasol.

Posteriormente Fundora *et al.* (1996), logran una mejora en el comportamiento de los animales cuando se adicionan suplementos proteico-energéticos a las dietas basadas en pasto más caña enriquecida. La adición de 300 a 600 g de harina de soya y miel proteica casera a voluntad mejoró significativamente las ganancias diarias de peso de los animales en comparación con la suplementación de caña enriquecida sola. Sin suplementación proteica o energética los niveles de ganancia diaria de peso mostrada por los animales fueron de 333 a 407 g. Cabe mencionar, sin embargo, que la caña enriquecida ofrecida en estos trabajos contenía solamente un 7.5% de proteína cruda (base húmeda).

No se encontraron diferencias en el comportamiento de novillos de 191 kg de peso promedio (546 vs 561 gramos de GDP, en lluvias y 570 vs 555 en seca) al

suplementar el pastoreo de estrella (*Cynodon nlenfluensis*) con 370 g de pasta de soya y 3 kg/animal/día de melaza con urea al 3% ó 3 kg/animal/día de caña enriquecida con 11.9% de proteína cruda, respectivamente (Valdez *et al.*, 1994).

Mota (1993), menciona que el consumo de materia seca por ovinos no presenta diferencias significativas cuando se proporciona hasta un 75% de caña enriquecida en la dieta, pero si se ofrece solamente caña enriquecida el consumo se deprime en un 38%, esto se debió a la disminución en la concentración energética de la dieta. Por su parte Mezhuza y Téllez (1993), alcanzan ganancias diarias de peso de 267 y 263 g con ovinos que recibieron 25 y 50% de caña enriquecida en la dieta, respectivamente.

La caña enriquecida también ha sido frecuentemente estudiada como componente de concentrados, sustituyendo parte de los cereales o en combinación con ellos, en dietas para rumiantes y más frecuentemente en la alimentación de aves y cerdos (ver: Díaz *et al.*, 1990; Días *et al.*, 1991; González *et al.*, 1997; Lezcano *et al.*, 1990; Ly *et al.*, 1991; Reyes *et al.*, 1997; Ruiz *et al.*, 1990).

IV. HIPÓTESIS

De acuerdo con la revisión de literatura se plantearon las siguientes hipótesis:

- Las levaduras de *Saccharomyces* son capaces de utilizar eficientemente los azúcares de la caña de azúcar para su desarrollo.
- Las levaduras epifíticas de la caña de azúcar no se encuentran en cantidades suficientes, por lo que la adición de levaduras del género *Saccharomyces* producirán un incremento en la proteína cruda por el aumento en la síntesis proteínica.
- El incremento en la síntesis proteica de la caña enriquecida producirá un aumento en el consumo de alimento al proporcionarse proteína de mejor calidad, y por consiguiente se podrá mejorar el comportamiento animal.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización y duración del experimento

El experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo y del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, S.L.P., que se ubica entre las coordenadas geográficas de 21° 51' latitud norte y 99° 01' longitud oeste y a una altitud de 70 m.s.n.m. (INEGI, 2000). El experimento consistió de tres etapas: la caracterización del inóculo, la caracterización de la caña enriquecida y una prueba de consumo, la primera se realizó durante el mes de enero en el laboratorio de microbiología de la Universidad Autónoma Chapingo, para seleccionar la levadura; la segunda del 25 de febrero al 19 de marzo de 2001 y consistió en la caracterización de la caña enriquecida formulada con dos variaciones a la descrita por Elias (1990); y la tercera etapa consistió en una prueba de consumo efectuada entre el 19 de abril y el 20 de mayo del mismo año.

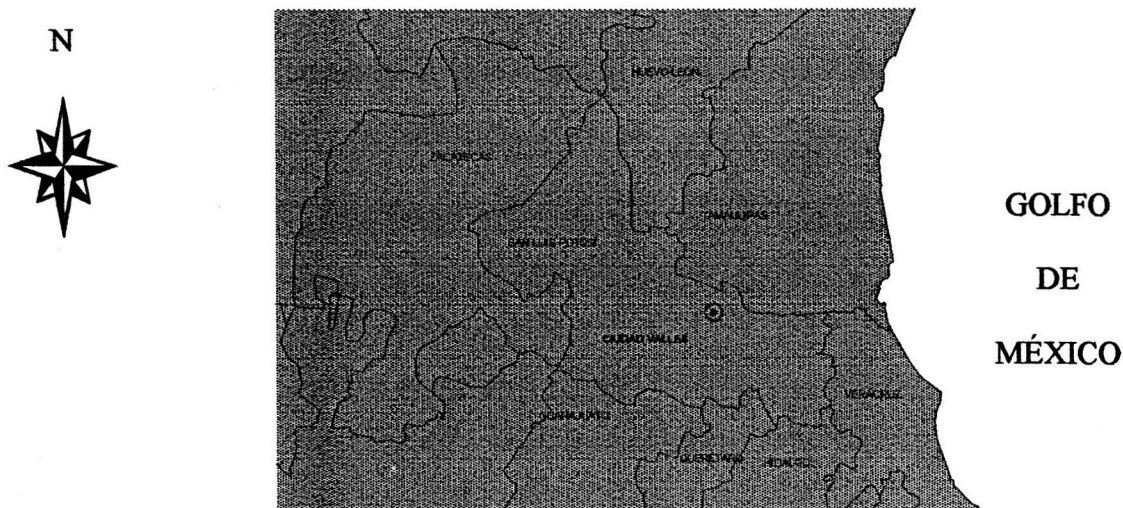


Figura 1. Localización del área de estudio (fases de campo).

5.2. Clima

El municipio de Ciudad Valles se ubica en la región de la Huasteca Potosina, presenta climas de las categorías generales AW_0 , AW_1 y $AC(w)$ (INEGI, 2000). Según la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1988), la formula climática es $AW_1(e)W''$ que corresponde a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, extremoso, con oscilación de la temperatura media mensual de entre 7 y 14 °C. La temperatura promedio anual es de 25 °C y la precipitación de 1355 mm (García, 1988). En los meses más calurosos son comunes las temperaturas diurnas superiores a los 40 °C.

5.3. Caracterización de la levadura (inóculo)

Se utilizaron tres fuentes comerciales de levaduras (yea sac, levadura de pan y yeast rabbit), con el fin de determinar su potencial de crecimiento en caña de azúcar, las cuales se inocularon en jugo de caña esterilizado en autoclave a 15 libras de presión por 15 minutos. La levadura se inoculó a razón de 1 gramo por 100 ml de jugo. A partir de este cultivo se procedió a aislar las levaduras mediante la técnica de diluciones, sembrando 0.1 ml de la dilución del cultivo, al tiempo cero y a las 24 horas de fermentación, en Agar de Papa Dextrosa (PDA, Laboratorios Merker) para desarrollo de hongos y levaduras y en Agar de Caseína y Soya (CSA, Laboratorios Merker) para bacterias. Los cultivos se mantuvieron en incubación por 24 horas a 28 °C.

La pureza de los cultivos y la morfología colonial (forma, color brillo y diámetro de las colonias formadas) se verificaron por observaciones microscópicas de

células de levadura. A las levaduras puras, se les determinó el contenido de nitrógeno por el método de microkjeldahl (AOAC, 1965; descrito por Villegas y Mertz, 1971) y se estimó la proteína cruda multiplicando el contenido de nitrógeno por el factor 6.25.

5.3.1. Velocidad de crecimiento

De los cultivos purificados en el medio PDA y mantenidos en agar inclinado se suspendieron las levaduras y se adicionaron 0.1 ml en tubos con 6 ml cada uno, de una solución estéril (15 libras de presión por 15 minutos) de sacarosa al 0.5, 5 y 10% y una mezcla de minerales (6 g de K_2HPO_4 ; 6 g de K_2HPO_4 ; 6 g de $(NH_4)_2 SO_4$; 12 g de NaCl; 2.45 g de $MgSO_4$; 1.6 g de $CaCl H_2O$ / L de agua). Los cultivos se mantuvieron a temperatura ambiente y cada 30 minutos se midió la absorbancia del cultivo a una longitud de onda de 600 nm, hasta que la absorbancia se mantuvo. Los datos se transformaron al logaritmo natural para graficar el comportamiento y se tomaron los puntos gráficos de inicio y fin de la fase exponencial para estimar la tasa de crecimiento (μ) con la siguiente ecuación:

$$\mu = \frac{\ln N_1 - \ln N_0}{t_1 - t_0}$$

Donde:

$\ln N_1$ = punto gráfico más alto en la curva de crecimiento

$\ln N_0$ = Punto gráfico del inicio del crecimiento

t_1 = tiempo en el valor más alto de la curva

t_0 = tiempo en el punto de inicio del crecimiento

También se estimaron los valores para tiempo de duplicación de la población (g) y el número de generaciones (n) mediante las siguientes ecuaciones:

Donde: $g = \frac{\ln 2}{\mu}$ $n = \frac{t}{g}$

μ = tasa de crecimiento

t = tiempo de cultivo

g = tiempo de duplicación

5.4. Caracterización de la caña enriquecida

5.4.1. Tratamientos

Se utilizó caña fresca, libre de punta y hojas, de la variedad CO-997 en su segunda resoca, molida con una picadora de forraje XALAPA 2000 y tamizada con una maya de 2 cm para evitar el paso de partículas muy grandes. Se evaluaron cuatro tratamientos, como se muestra en el cuadro 13.

Cuadro 12. Tratamientos experimentales para la caracterización de caña enriquecida.

Número de tratamiento	Descripción del tratamiento
UM	Caña de azúcar + urea ¹ + minerales ² .
UML	Caña de azúcar + urea ¹ + minerales ² + levadura de pan ⁴ .
PM	Caña de azúcar + pollinaza ³ + minerales ² .
PML	Caña de azúcar + pollinaza ³ + minerales ² + levadura de pan ⁴ .

¹ 1.5% del peso fresco del forraje molido de caña de azúcar como urea; ² 0.5% del peso del forraje como minerales (monophos ®); ³ 10% del peso del forraje como pollinaza; ⁴ 0.15% del peso del forraje como levadura de pan (mauripan ®) liofilizada, en seco.

Las cantidades materia seca y proteína cruda de los ingredientes empleados se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 13. Contenido de materia seca y proteína cruda de los ingredientes empleados en la elaboración de la caña enriquecida.

Ingrediente	% materia seca	% proteína cruda
Caña de azúcar (var. CO 997)	36.3	4.7
Urea	88.8	286.7
Pollinaza	82.8	24.4
Levadura de pan	89.3	38.7

La metodología empleada para la elaboración de la caña enriquecida fue la descrita por Elías *et al.* (1990). La caña de azúcar se cortó entre las 13 y 16 horas p.m., inmediatamente se picó y mezcló de tal forma que a las 19 horas p.m. se extendió sobre una superficie de concreto y bajo techo, con ventilación adecuada donde se dejó fermentar. Para cada tratamiento se molieron 400 kg de tallos de caña. El mezclado se mezclaron perfectamente, de acuerdo a los tratamientos descritos, el mezclado se realizó manualmente y para cada unidad experimental por separado, la mezcla se extendió en una capa menor a 5 cm de grosor y se dejó fermentar por 12 horas durante la tarde y noche.

5.4.2. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con igual número de repeticiones (20 repeticiones por tratamiento). La unidad experimental consistió de 20 kg de forraje mezclado. Se obtuvo una muestra de cada unidad experimental.

Las variables medidas se analizaron mediante un diseño completamente al azar, utilizando el paquete estadístico SAS (1998). Las medias se compararon con la prueba de Tukey.

El modelo lineal utilizado para el análisis de las variables materia seca, materia orgánica, cenizas, proteína cruda, calcio, fósforo y magnesio, fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable respuesta

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

5.4.3. Procesamiento y análisis químico de las muestras

De cada unidad experimental se tomó una muestra de aproximadamente 100 gramos y se seco en una estufa a 55 °C por 48 horas, posteriormente se molieron en un molino Wilet con criba de 1 mm. Las muestras se almacenaron en bolsas de polietileno y se etiquetaron para su análisis químico posterior.

A las muestras obtenidas se les hizo un análisis químico proximal que se tomó para caracterizar cada uno de los productos del enriquecimiento de la caña. Los componentes químicos obtenidos fueron:

5.4.3.1. Proteína cruda. Se determinó el contenido de nitrógeno por el método de microkjeldahl (AOAC, 1965; descrito por Villegas y Mertz, 1971) y se multiplicó por el factor de 6.25 para obtener el valor de proteína cruda del producto. La determinación para cada muestra se hizo por duplicado.

5.4.3.2. Cenizas y materia orgánica. El valor obtenido para cantidad de cenizas se realizó por oxidación total de la materia orgánica mediante combustión en mufla a 650 °C (AOAC, 1975; citado por Sosa, 1979). La obtención del valor de materia orgánica fue por diferencia de las cenizas con la materia seca de la muestra.

5.4.3.3. Fibra cruda. Se utilizó el método de Heinhof, según lo descrito por Sosa (1979) utilizando material previamente desgrasado aunque por el procedimiento de desgrasado no se cuantificó el extracto etéreo.

5.4.3.4. Calcio y magnesio. La determinación de calcio y magnesio se hizo por el método del versenato por titulación con EDTA, según lo descrito por Diehl y publicado por el U.S.D.A.(1954; citado por Chapman y Parker, 1986).

5.4.3.5. Fósforo. Se utilizó el método espectrofotométrico del color amarillo del complejo vanadomolibdofosfórico (método de Olsen), según lo descrito por Jackson (1976).

5.5. Determinación del consumo de caña enriquecida

5.5.1. Tratamientos

Los tratamientos consistieron caña enriquecida con urea y minerales (UL: testigo) (Elias *et al.*, 1990), y caña enriquecida adicionando lavadura de pan (Mauripan ®) a razón de 0.15% del peso fresco de la caña (UML).

5.5.2. Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño experimental completamente al azar balanceado con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de un lote de tres animales alojados en corrales, a los que se les ofreció alimento y agua a libre acceso.

Los datos para consumo de alimento se analizaron por medio de un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones empleando el paquete estadístico SAS (1998) y comparando las medias por medio de la prueba de Tukey.

El modelo lineal empleado para analizar los datos de consumo fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable respuesta

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

Los datos de ganancias de peso no se procesaron estadísticamente, sólo se calcularon diferencias y medias aritméticas.

5.5.3. Animales

Se utilizaron 18 hembras adultas pelibuey, propiedad de Instituto Tecnológico, con un peso vivo promedio inicial de 26.4 ± 3.2 kg, las cuales fueron asignadas de manera aleatoria a las unidades experimentales.

5.5.4. Manejo

5.5.4.1. Elaboración de la caña enriquecida

Se contó con media hectárea de caña de azúcar de la variedad CO 997, la caña se procesó como en el experimento previo, preparando 40 kg de caña enriquecida por cada tratamiento diariamente. La caña se preparó por la tarde y se dejó fermentar durante la noche para ser ofrecida a las 8:00 a.m. del día siguiente.

5.5.4.2. Animales

Previamente al experimento los animales se encontraban bajo libre pastoreo en las instalaciones del Tecnológico. Quince días antes de iniciar la adaptación, fueron desparasitados y vitaminados. Se dio un periodo de adaptación de 8 días durante los cuales se ofreció la caña enriquecida como en la fase de prueba. El alimento era ofrecido en dos porciones: 70% a las 8:00 a.m. y el resto a las 2:00 p.m. esto fue debido a que si se ofrecía todo al mismo tiempo, se producía una fermentación alcohólica que se supuso limitaría el consumo de las animales. El agua se ofreció a libre acceso en tanques de 100 litros.

El alimento ofrecido consistió de caña enriquecida *ad libitum* y 100 g / animal / d de heno de clitoria de mediana calidad, proporcionado en el ofrecimiento de la mañana y con el objetivo de proporcionar una cantidad suficiente de fibra realmente fermentable.

5.5.5. Variables de respuesta

5.5.5.1. Consumo de alimento. El consumo de alimento se midió diariamente como diferencia del alimento ofrecido y el alimento rechazado, retirando el rechazo a las 7 a.m. Para obtener los pesos del alimento se determinó el contenido de humedad de ambas porciones.

5.5.5.2. Ganancia de peso. Se tomaron los pesos inicial y final de los animales individualmente y por tratamiento y se calculó la ganancia de peso acumulada y por día.

5.5.5.3. Índice de consumo. El índice de consumo para ovinos y bovinos se calculó mediante las fórmulas propuestas por García-Trujillo y Pedroso (1989), las cuales se basan en la división del consumo que realizan los animales (g de MS por kg P. V^{0.75}) entre el consumo que se hace de un forraje estándar (g de MS por kg de P. V^{0.75}), es decir la unidad de consumo.

$$ICF_{OVINOS} = \frac{CMS \text{ forraje (g / kg}^{0.75}\text{)}}{CMS \text{ forraje estándar (g / kg}^{0.75}\text{)}}$$

$$ICF_{BOVINOS} = \frac{CMS \text{ ovino (g/kg}^{0.75}\text{)} \times 1.53 + 37.17}{146}$$

Un forraje estándar es aquel del cual el animal hace un consumo de 71 g de MS/kg de P.V^{0.75}, cuando se trata específicamente de forrajes tropicales consumidos por ovinos, y se relaciona con la cantidad de material fibroso del forraje y con la capacidad de consumo del animal.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Caracterización de las levaduras (inóculo)

El crecimiento de levaduras en el jugo de caña después de 24 horas de incubación y cultivadas en PDA, fue abundante, lo que indica que el desarrollo de las levaduras en el jugo de caña fue adecuado. La falta de crecimiento de colonias en el medio CSA, indica que los inóculos fueron puros y no existió contaminación con bacterias. La morfología macroscópica de las tres levaduras fue similar entre ellas, sus características fueron: forma redonda, color blanco opaco, presencia de brillo y diámetro de 1 a 4 mm, por lo que estas características no se usaron como criterio de selección.

6.1.1. Contenido de proteína cruda

Respecto al contenido de proteína cruda de las levaduras, yeast rabbit presentó el nivel más alto (46.13 %), seguido por la levadura de pan (38.7%) y finalmente el yea sac (30.11%). Este fue un factor importante para determinar la levadura a usar como inóculo, después de la habilidad de crecimiento y la disponibilidad para el productor.

6.2. Velocidad de crecimiento

La cinética de crecimiento de las levaduras muestra que existe una fase de retardo de 60 minutos, a partir de la cual se inicia el crecimiento lineal con una

tasa de crecimiento (μ) estimada de 0.40 unidades logarítmicas h^{-1} , y un tiempo de duplicación (g) de 1 hora 43 minutos, lo que implica que las levaduras se puede multiplicar en 6.9 ocasiones durante un periodo de fermentación de 12 horas bajo condiciones de laboratorio (Figura 2). En este sentido Herrera *et al.* (1995), encontraron una velocidad de crecimiento (μ) de 0.43 h^{-1} de levaduras creciendo en jugo de caña durante un periodo de fermentación de 16 horas, con una fase de retardo de 4 a 6 horas. Además, estos autores indican un incremento en la velocidad de crecimiento cuando la temperatura de incubación se incrementó de 30 a 32 °C, por lo que se esperaría que en condiciones de campo en trópico, las levaduras probadas en este trabajo muestren una tendencia similar.

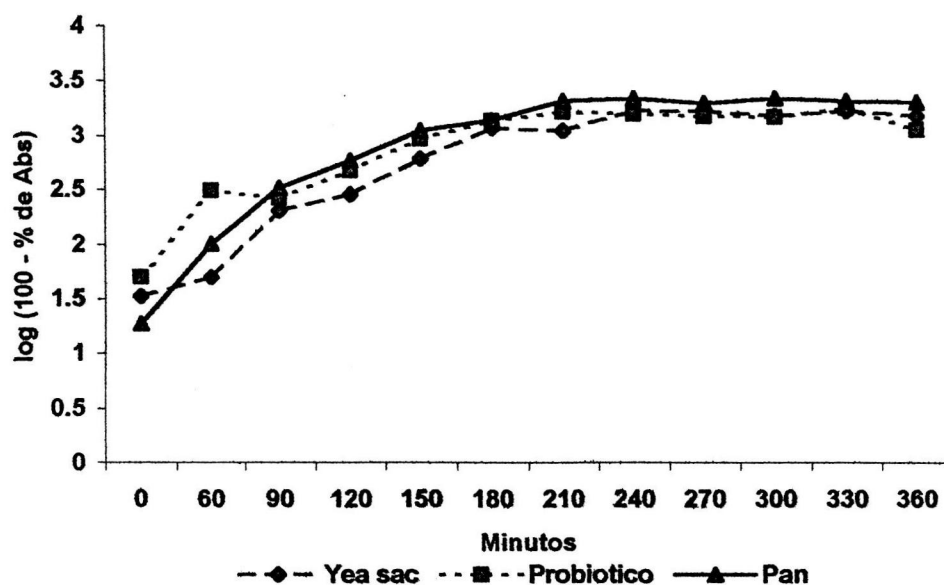


Figura 2. Cinética de crecimiento de tres levaduras del género *Saccharomyces* en una solución al 5% sacarosa.

Aunque el comportamiento de las tres levaduras es muy similar se observó una ligera superioridad por parte de la levadura de pan creciendo en el jugo de caña, esto puede ser debido a que esta levadura sea más eficiente para utilizar los azúcares contenidos en el medio y por lo tanto podría desarrollarse más eficientemente en periodos cortos de tiempo como lo mencionan Herrera *et al.* (1995). Estos autores consideran que una concentración en el medio de 7 a 9% de azúcares reductores totales es la más propicia para favorecer el crecimiento de las levaduras, aunque en este trabajo no se observaron diferencias gráficas (Figura 3) entre concentraciones de 5 y 10% de sacarosa.

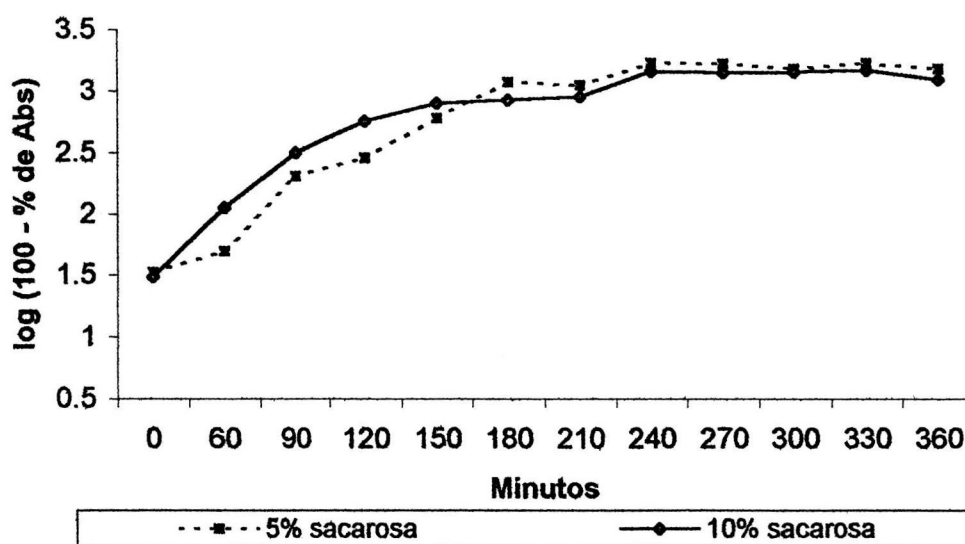


Figura 3. Cinética de crecimiento de la levadura de pan a distintas concentraciones de sacarosa.

Por su parte Jover y Martínez (1997), encontraron que la concentración de azúcares invertidos descende a medida que se desarrolla una mayor cantidad de levaduras, lo que indica que efectivamente se utilizan los azúcares como fuente de energía para su crecimiento.

Por lo anterior se concluyó que las tres levaduras se pueden utilizar como inóculo en el proceso de elaboración de caña enriquecida, pero que la más propicia sería la levadura de pan ya que se puede encontrar disponible en cualquier sitio y a un menor costo.

La levadura de pan ha sido seleccionada para producir grandes cantidades de gases durante la fermentación de la harina, lo cual puede representar un riesgo en la alimentación animal ya que podría conducir al timpanismo, aunque en el presente trabajo no se presentó ningún indicio de ese mal. Los probióticos, que no se utilizaron en la elaboración de la caña enriquecida pero que mostraron ser capaces de crecer en jugo de caña, podrían producir un efecto benéfico en los microorganismos del rumen, por lo que se debe considerar su utilización si se encuentran disponibles.

6.3. Composición química de la caña enriquecida

Para todas las fracciones del análisis químico proximal estudiadas, el análisis estadístico muestra diferencias altamente significativas ($P > 0.0001$), en los efectos de los tratamientos (Cuadro 17). Destacando el alto contenido de PC (29.88% BS) en el UML, los valores menores de FC y mayores de fósforo y magnesio para los tratamientos con pollinaza.

6.3.1. Materia seca

La materia seca de la caña enriquecida elaborada con la tecnología tradicional y con adición de levaduras (32.02 y 31.58 para UM y UML, respectivamente) es

similar a la obtenida por Delgado *et al.* (1997), pero inferior en 14 unidades porcentuales a la que indican García-López *et al.* (1994) y en 15 unidades porcentuales a la informada por Fundora *et al.* (1996). Las variaciones en el contenido de materia seca son más atribuibles a las condiciones ambientales, principalmente la temperatura, o el periodo de fermentación. La adición de 10% de pollinaza incrementó el contenido de materia seca en 5 a 6% lo que puede reducir la tasa de crecimiento de los microorganismos por efecto de una menor disponibilidad de agua, pero no detiene el crecimiento.

Cuadro 14. Composición química de la caña enriquecida procesada con urea o pollinaza y con o sin la adición de levadura de pan^Φ.

Variable	Caña enriquecida con urea		Caña enriquecida con pollinaza		Pr>F
	sin levadura	con levadura	sin levadura	con levadura	
Materia seca, %	32.02 ^c (0.36)	31.58 ^c (0.38)	38.85 ^a (0.95)	36.21 ^b (0.89)	0.0059
Materia Orgánica, %	95.84 ^a (0.36)	95.72 ^a (0.38)	92.68 ^b (0.95)	92.38 ^b (0.89)	0.0001
Cenizas, %	4.15 ^b (0.36)	4.27 ^b (0.38)	7.29 ^a (0.95)	7.59 ^a (0.89)	0.0001
Proteína Cruda, %	14.96 ^b (5.13)	29.88 ^a (6.41)	14.91 ^b (4.97)	15.40 ^b (4.10)	0.0001
Fibra Cruda, %	29.06 ^a (1.98)	29.92 ^a (2.39)	25.27 ^b (2.69)	24.59 ^b (1.74)	0.0001
Calcio, %	0.70 ^b (0.13)	0.83 ^a (0.18)	0.71 ^b (0.06)	0.85 ^a (0.12)	0.0001
Fósforo, %	0.41 ^b (0.06)	0.40 ^b (0.09)	1.47 ^a (0.12)	1.56 ^a (0.15)	0.0001
Magnesio, %	0.23 ^b (0.07)	0.23 ^b (0.09)	1.07 ^a (0.12)	1.07 ^a (0.21)	0.0001

^ΦValores entre paréntesis corresponden a la desviación estándar.

^{a, b, c}. Medias con literal distinta en cada renglón presentan diferencias significativas.

6.3.2. Proteína cruda

Los contenidos de proteína cruda (14.96, 14.91 y 15.40% de los tratamientos UM, PM y PML, respectivamente) son similares a los obtenidos por Fundora *et al.* (1994), Fundora *et al.* (1996) y Delgado *et al.* (1997) que se ubican entre 15 y 16%. No obstante, el tratamiento UML duplica los niveles de proteína cruda

que han sido logrados para la caña enriquecida en cualquier trabajo previo. En las pruebas de laboratorio, la levadura de pan mostró un periodo de duplicación de 1.7 horas a partir de sacarosa y una solución mineral conteniendo sulfato de amonio como fuente de nitrógeno.

En una prueba realizada para comparar las características de la mezcla antes y después del periodo de fermentación, se encontró que la caña sola aporta al medio 5.25% de proteína cruda, al mezclarla con 1.5% de urea y 0.5% de minerales la concentración proteica se incrementó a 15% y al adicionar 0.15% de levadura el valor se ubica en 17.7%. Después de la fermentación la caña con urea y minerales no presentó variación en el contenido de proteína cruda lo que, teóricamente, se debe a que existe pérdida del nitrógeno de la urea o de la caña debido a una lenta utilización de este por el crecimiento de los microorganismos. En la caña en que se adicionaron levaduras se observó un incremento de 10 unidades porcentuales de proteína cruda, este incremento puede considerarse como efecto de la concentración de los compuestos nitrogenados por la disminución en el contenido de carbohidratos solubles utilizados para el crecimiento de los microorganismos y que las levaduras adicionadas utilizan más rápidamente el nitrógeno del medio.

Además de levaduras, durante el proceso de enriquecimiento, se desarrollan diversos tipos de bacterias que contribuyen al enriquecimiento proteico, tales como *Proteus* o *Klebsiella* (Valiño et al., 1994^a) o *Bacillus* y *Micrococcus* (Valiño et al., 1994^b) aunque en este trabajo no se determinan grupos bacterianos.

La capacidad de las levaduras para desarrollarse con diversas fuentes de nitrógeno ha sido señalada por Elias y Lezcano (1993) quienes encontraron que las levaduras que se establecen durante el proceso de enriquecimiento de la caña son capaces de utilizar nitrógeno de origen orgánico o inorgánico tales como la urea, sulfato de amonio, caseína y triptona. Durante el proceso fermentativo de la caña enriquecida se desarrollan también bacterias que hidrolizan la urea y liberan amonio que puede ser usado para el crecimiento de las levaduras (Rodríguez *et al.*, 1998), estos autores mencionan también que las levaduras necesitan vitaminas del complejo B y elementos traza para lograr altos rendimientos. Es posible que la mayor cantidad de levaduras al inicio de la fermentación promueva la mayor concentración de vitaminas y factores de crecimiento en el medio, lo cual conduciría a una mayor eficiencia en la utilización de la urea por las levaduras y por consiguiente un mayor desarrollo.

Contenidos de proteína tan altos o más que los encontrados en UML han sido alcanzados por Jover y Martínez (1997), quienes inocularon levaduras en residuos de cosecha de camote (2.73% de proteína cruda) y 54% de carbohidratos, adicionando 2% de urea y 4.8% de sulfato de amonio, tras un periodo de 12 a 16 horas de fermentación obtuvieron productos con 26.8, 29.8 y 41.2% de proteína cruda en base seca con una levadura endófitas, *Candida utilis* NRRL-Y900 y *Trichosporum cutaneum* L-52, respectivamente. Conviene mencionar, además, que en promedio el 60% de la proteína de esos productos correspondió a proteína verdadera y más del 70% en el que contenía 41% de PC.

6.3.3. Fibra cruda y minerales

El contenido de fibra cruda de la caña enriquecida de los tratamientos UM y UML (29.06 y 29.92, respectivamente) se iguala al alcanzado por Fundora *et al.* (1996) y es inferior en 4.2 y 3.2 unidades porcentuales, respectivamente, a los obtenidos por Delgado *et al.* (1997) aunque esas diferencias pueden ser atribuibles a las características de la caña empleada en la elaboración del alimento. Mientras que los tratamientos PM y PML, que contenían 10% de pollinaza, muestran una reducción de aproximadamente 5 unidades porcentuales en el contenido de fibra cruda, respecto a los otros dos tratamientos. Lo anterior es atribuible a que ésta no contenía material fibroso de la "cama de piso".

Los contenidos de calcio y fósforo de todos los tratamientos (0.7 a 0.85% y 0.40 a 1.56%) son superiores a los manifestados por todos los autores que han referido la composición mineral de la caña enriquecida, Elías *et al.* (1990) indican que el contenido de calcio se encuentra entre 0.3 y 0.4% y el de fósforo entre 0.24 y 0.3%, mientras que García-López *et al.* (1994) y Fundora *et al.* (1996) ubican al calcio en 0.3 y 0.2%, respectivamente, y al fósforo en 0.24 y 0.2, respectivamente. Tales diferencias son atribuibles a la composición de la mezcla mineral utilizada.

El contenido de magnesio de la caña enriquecida en los tratamientos UM y UML es de 0.23% y se encuentra dentro del rango mencionado por Elías *et al.*

(1990), mientras que el de los tratamientos PM y PML es superior en más de 4 veces al obtenido en los otros tratamientos.

En general, el contenido de cenizas en UM y UML (4.15 y 4.27, respectivamente), es similar al encontrado por Elías *et al.* (1990) y García-López *et al.* (1994) mientras que el mayor contenido de minerales de PM y PML, principalmente fósforo y magnesio, proviene de la adición de pollinaza dado que se empleó la misma mezcla mineral en todos los tratamientos.

La caña de azúcar contiene 4% de lignina, 1.9% de extracto etéreo y 66.6% de carbohidratos solubles (Elias *et al.*, 1990). En el tratamiento UM el contenido de materia orgánica es de 95.8% y al restar los valores de proteína, fibra cruda, lignina y extracto etéreo se obtiene un 45.9% de carbohidratos solubles, mientras que en el tratamiento UML este valor es de 30%. De allí se puede considerar que en UM se utilizan 20.7 unidades porcentuales de los carbohidratos solubles para síntesis microbiana, mientras que en UML se utilizan 36.6 unidades porcentuales de los carbohidratos solubles, lo que puede ser en detrimento de la concentración energética de la caña enriquecida.

6.4. Consumo de alimento

En el presente trabajo se encontró que el consumo de materia seca se ve influenciado significativamente ($P < 0.01$) por el tratamiento. Los consumos obtenidos (Cuadro 15) fueron de 828 y 895 g de MS/animal/día para los

tratamientos 1 y 2, respectivamente, los cuales son inferiores a los estimados por Ruiz y Menchaca (1990) para forrajes tropicales con 30% de FC.

Cuadro 15. Efecto del tipo de caña enriquecida sobre el comportamiento de ovinos de pelo.

Indicadores	Caña enriquecida	
	sin levadura	con levadura
Peso vivo inicial (promedio, kg.)	26.44	26.33
Peso vivo final (promedio, kg)	27.50	27.44
Ganancia de peso acumulada (kg)	1.06	1.11
Ganancia diaria de peso (g)	35.18	37.04
Consumo por animal (g de MS)	828 ^b ±115	895 ^a ±149
Consumo de MS por Kg. PV ^{0.75} (g)	68.95	74.53
Índice de consumo ovino	0.97	1.05
Índice de consumo bovino	0.98	1.04

^{a,b} Medias con distinta literal en la misma hilera muestran diferencias significativas (P <0.01).

La mayoría de los autores que han trabajado con caña de azúcar y sus derivados mencionan que la principal limitante en la utilización de ésta como forraje para el ganado es el bajo consumo voluntario, dependiendo a su vez de los bajos niveles o mala calidad de los compuestos nitrogenados y de la baja digestibilidad que se presenta. González y Enríquez (1997), refieren que en solo 6 horas de fermentación puede desaparecer hasta un 40% de la materia seca, consistente de los carbohidratos solubles, pero el resto del forraje puede presentar un elevado tiempo de permanencia en el rumen. Por su parte, Delgado *et al.* (1997) menciona un tiempo de retención media de 18 a 20 horas para la caña enriquecida con tamaños de partícula de 2.2 a 5 mm, sin existir diferencia entre ambos tamaños.

Expresando el consumo con base en el peso metabólico se obtuvieron valores de 68.95 vs 74.53 g de MS/kg PV^{0.75}, valores inferiores a los señalados por

Ruiz *et al.* (1990) para caña enriquecida (80 g de MS/kg PV^{0.75}), pero los del tratamiento UML superan a los obtenidos por Delgado *et al.* (1996) para caña de azúcar más *Leucaena* (73 g de MS/kg PV^{0.75}) y los indicados por Mejía *et al.* (2000) para heno de mala calidad suplementado con bloque multinutricional (71 g de MS/kg PV^{0.75}). El valor de consumo obtenido para caña enriquecida con adición de levaduras es superior al planteado por García-Trujillo y Pedroso (1989) como unidad de consumo ovino para un forraje tropical, el cual se ubica en 71 g de MS/kg de peso metabólico.

Los pesos inicial y final no se analizaron estadísticamente, sin embargo no muestran diferencias aritméticas. La ganancia peso es ligeramente superior en UML (37.04 vs 35.18 g/animal/día), respecto a UM.

Los índices de consumo para ovinos y bovinos son muy similares y se encuentran cercanos a la unidad, es decir, al consumo de un forraje estándar por un rumiante estándar, aunque es ligeramente superior para la caña enriquecida con adición de levaduras y son superiores a los mencionados para caña sola (0.48 y 0.62), caña más urea (0.60 y 0.71) y caña más urea más forraje verde (0.70 y 0.77) en ovinos y bovinos, respectivamente (Trujillo y Pedroso, 1989).

VII. CONCLUSIONES

Las levaduras incluidas en el estudio son capaces de multiplicarse a partir de los azúcares del jugo de caña, por lo que pueden ser adicionadas como inóculo para mejorar el proceso fermentativo en la elaboración de caña enriquecida.

La adición de levaduras en el proceso de elaboración de la caña enriquecida provoca un incremento considerable en su contenido de proteína cruda cuando se proporciona urea como fuente de nitrógeno, sin cambio aparente en el resto de las características químicas.

La sustitución de urea por pollinaza como fuente de nitrógeno no muestra efectos significativos sobre el contenido de proteína cruda de la caña enriquecida, también se incrementa el contenido de materia seca y de minerales del alimento producido.

Es posible incrementar el consumo de caña enriquecida cuando se adiciona en su elaboración la levadura de pan, pero se deben ampliar los estudios en el sentido de la concentración energética del producto y su relación con el consumo.

Se observó una ligera ganancia de peso en ambos tratamientos, lo que indica que la caña enriquecida puede ser empleada como alimento durante la época seca para disminuir los costos por adquisición de granos y concentrados.

VIII. LITERATURA CITADA

- Álvarez F. J, A. Wilson y T. R. Preston. 1979. **Efecto de la fermentación espontanea de la caña de azúcar sobre el comportamiento de toros cebú.** Producción Animal Tropical. 4: 59 – 62.
- Álvarez J.F. 1991. **Experiencias en el trópico mexicano sobre el uso de la caña y sus subproductos en la alimentación animal.** FIRA, Banco de México. Boletín informativo XXIII. México, D.F. 49 p.
- Álvarez J.F. y T.R. Preston. 1976. **Estudios sobre la utilización de la urea en dietas de caña de azúcar: efecto del nivel.** Prod. Anim. Trop. 1: 202-209.
- Aranda I.E.M. 2000. **Utilización de la caña de azúcar en la alimentación de rumiantes.** Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 90 p.
- Banda M y R.E. Valdez. 1976. **Efecto del estado de madurez sobre el valor nutritivo de la caña de azúcar.** Prod. Anim. Trop. 1: 96-99.
- Barker D.J. and J.R. Caradus. 2001. **Adaptation of forage species to drought.** Proceedings of XIX International Grassland Congress. Sao Pedro, Sao Paulo, Brasil. Compact Disc.
- Boodoo A., B. Hulman, T.R. Preston and R.A. Leng. 1977. **Effect of an antiprotozoal agent on performance of growing calves feed a molases based diet.** Tropical Animal Production 3: 134-139.

- Cáceres O, H. Santana y R. Delgado. 1989. **Influencia de la fertilización nitrogenada sobre el valor nutritivo y rendimiento de nutrimentos.** Pastos y Forrajes. 12: 189 – 195.
- Chacón-Moreno E, F. Rada y G. Sarmiento. 1995. **Intercambio gaseoso, nitrógeno foliar y optimación en el manejo de *Panicum maximum* (tipo común) sometido a diferentes frecuencias de corte.** Turrialba. Vol. 45. No. 1-2. 19 – 26.
- Chapman H.D y F.P Parker. 1986. **Métodos de análisis para suelos plantas y aguas.** 5ª reimpresión. Ed. Trillas. México. 283 p.
- Cuevas O.S. 1975. **Alimentación con caña de azúcar y sus subproductos en la producción de carne y leche de ganado bovino en los trópicos.** Fondo de garantía y fomento para la agricultura, Ganadería y Avicultura. 37 p.
- Delgado D.C, J Galindo, B. Chongo y T. Curbelo. 1996. **Efecto del nivel de inclusión de la Leucaena en el consumo y la digestibilidad de la fibra en carneros.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 30: 238 - 244.
- Delgado, Denia C, Geerken C y Cairo J. 1997. **Efecto del tipo de troceado de la saccharina en la efectividad masticatoria, la degradación de las partículas y la cinética ruminal en carneros.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 31: 301 – 307.
- Dixon F.M. 1977. **Sugar cane for beef production: derinded sugar cane and chopped cane compared with hay and citrus pulp.** Tropical Animal Production. 3: 104-108.

- Dolores Marrero E, A. Elías y R, Macías. 1993. **Utilización de la saccharina en la alimentación del ternero. 3. Desarrollo ruminal.** Revista cubana de Ciencia Agrícola. 27: 291-294.
- Duran V., J. A. 1994. **Respuesta de las gramíneas forrajeras tropicales a la fertilización nitrogenada en México.** Tesis profesional de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Chapingo. 148 p.
- Elias A y Lezcano O. 1993. **Efecto de la fuente de N y algunos factores de crecimiento en la población de levaduras que se establece en la producción de saccharina.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 27: 277 – 283.
- Elias A, Lezcano O, Lezcano P, Cordero J y Quintana L. 1990. **Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar mediante la fermentación en estado sólido (Saccharina).** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 21: 1- 13.
- FAOSTAT. 2001. **Base de datos agrícolas y pecuarios.** Disponible en www.agris.fao.org.
- Ferreiro H.T, T.M. Sutherland, A. Wilson y T.R. Preston. 1977a. **Engorde de Ganado con caña de azúcar: comparación de diferentes suplementos.** Prod. Anim. Trop. 2: 319-324.
- Ferreiro H.T, T.R. Preston y T.M. Sutherland. 1977b. **Limitaciones dietéticas de raciones basadas en caña de azúcar.** Prod. Anim. Trop. 2: 58-63.
- Franco R. 1981. **Estudio comparativo de variedades de caña para forraje en condiciones de secano.** Pastos y forrajes. 4: 157 - 163.

- Fundora O., A. Elías, R. García y R. Llerandi. 1994. **Uso de la saccharina rústica y miel proteica casera (MPC) en la ceba del ganado vacuno en estabulación.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 28: 63 – 68.
- Fundora O., P.C. Martín, A. Elías y R. Llerandi. 1996. **Efecto de la suplementación proteica y energética de raciones basadas en Saccharina rústica para bovinos en crecimiento-ceba.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 30: 163 – 168.
- García E. 1984. **Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana.** Universidad Nacional Autónoma de México. 252 p.
- García G.W., F.A. Neckles y C.H.O. Lallo. 1990. **Dietas basadas en forraje de caña de azúcar para la producción de carne.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 24: 13 – 27.
- García López R, Mora E, Elías A, García Trujillo R y Alfonso R. 1994. **Evaluación comparativa de la Saccharina húmeda (rústica) y la caña de azúcar fresca (con aditivos) para la producción de leche en secano.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 28: 47 – 50.
- García López R, R Mejías y J Herrera. 1994b. **Resultados preliminares de la combinación de área foliar de yuca y caña como suplemento a vacas lecheras en pastoreo.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 28: 43 – 43.
- García-Oliva, F. y J.M. Maass. 1990. **Consideraciones a las prácticas de conservación de suelos en zonas tropicales.** Rev. de Difusión Científica-tecnológica y humanística. Vol. I (2).

- García-Trujillo R y Pedroso D. 1989. **Alimentos para rumiantes. Tablas de valor nutritivo.** EDICA. La Habana, Cuba. 40 p.
- Geerken C. M, Denia Delgado y Cairo J. 1994. **Efecto del tamaño de partícula de la saccharina suministrada a carneros como forraje en el consumo y comportamiento alimentario.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 28: 301 – 305.
- González L, Valdivie M y Elías A. 1997. **Sacharina y maíz (sacchamaíz) para la ceiba de pollos.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 31: 283 – 288.
- González R y Enríquez A.V. 1997. **Nota acerca de la gravedad específica del forraje de caña de azúcar.** Revista cubana de Ciencia Agrícola. 31: 275 – 277.
- Hernández Y. 1998. **La fijación biológica del nitrógeno.** Rev. Cubana de Cienc. Agrícolas. 32: 233.
- Herrera R.S y Yolanda Hernández. 1989. **Efecto de la edad de rebrote en algunos indicadores de la calidad de la bermuda cruzada-1. III. Porcentaje de hojas y rendimientos de materia seca y proteína bruta.** Pastos y Forrajes. 12: 77 – 81.
- Herrera R.S y Yolanda Hernández. 1993. **Respuesta de la bermuda cruzada a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote. IX. Residualidad del nitrógeno.** Revista cubana de Ciencia Agrícola. 27: 231 - 238.
- Herrera C. N, García R. A, Vento O. Y y Obregón L. J. 1995. **Cultivos de microorganismos para la producción de biomasa a partir del jugo de caña. Condiciones del cultivo.** Centro azúcar. 22. No. 1. 3 – 9.

- INEGI. 2000. **Anuario estadístico del Estado de San Luis Potosí.**
Aguascalientes, México. 26 – 46.
- Irondo E, H.L. Martínez e Y. Arostica. 1998. **Utilización de la caña de azúcar con leguminosas como alimento voluminoso para la producción de leche.** Pastos y Forrajes 21:245 – 252.
- Jackson M.L. 1976. **Análisis químico de suelos.** Ed Omega. Barcelona, España. 104 p.
- Jaramillo V., V. 1994. **Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas en las zonas tropicales de México.** COTECOCA. México, D.F. 48 h.
- Jover de la P. J y Martínez M. L. 1997. **Enriquecimiento proteico de residuos de boniato con varios microorganismos por fermentación en estado líquido.** Centro azúcar. 24. No. 1. 70 – 76.
- Lastra M., I.J. 1989. **Nuevas Especies Forrajeras para el Trópico Mexicano.** Colegio de Postgraduados. CRECIDATH. Veracruz. México. 36 p.
- Leng R.A y T.R. Preston. 1976. **Caña de azúcar para la producción bovina: Limitaciones actuales, perspectivas y prioridades para la investigación.** Prod. Anim Trop. 1: 1 – 22.
- Martin P.C. 1997. **Forraje de caña en la alimentación del Ganado vacuno.** Rev. Cubana de Ciencia Agrícola. 31: 237-248.
- Martín P. C., 1998. **Valor nutritivo de las gramíneas tropicales.** Revista Cubana Ciencia Agrícola 32:1 - 11.
- Martín P.C y M. Brito. 1996. **Efecto del nivel y tipo de nitrógeno en el consumo de forraje de toros de ceba.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 30: 271 – 276.

- Martín P. C y M. Brito. **Cantidad y tipo de proteína en dietas de forraje de caña de azúcar para toros.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 31: 265 – 269.
- Martínez, H.P.A. 2000. **Estimación y Manejo de la Carga Animal Ovina en Praderas.** En Memorias: V Curso: Bases de la Cría Ovina. UACH. México. 128 – 139.
- Martínez H.1997. **Mejora de la calidad de la caña para la alimentación animal con el empleo de leguminosas asociadas.** En: Manual Agro-Red para la ganadería. Tomo II. Agrotecnia y producción de alimentos. EEPF. Sancti Spiritus, Cuba. Pp 62 – 63.
- Martínez R.O. 1997. **¿Como guardar alimento para la seca con hierba elefante Cuba CT-115?** En: Manual Agro-Red para la ganadería. Tomo II. Agrotecnia y producción de alimentos. ICA. La Habana, Cuba. Pp 14 – 28.
- Mejía R, R. García-López y J. Rodríguez. 2000. **Nivel de urea en bloques multinutricionales (BMN) en el consumo de heno por carneros estabulados.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 34: 27 – 30.
- Merkel, R.C; K.R. Pond; J.C. Burns and R.S. Fisher. 1999. **Intake, digestibility and nitrogen utilization of three tropical tree legumes . I. As sole feeds compared to *Asystasia intrusa* and *Brachiaria brizantha*.** Animal Feed Science and Technology. 82: 91 – 106.
- Mesa A. R, M. Hernández, F. Reyes y V. Ávila. 1989. **Rendimiento de materia seca, composición química y niveles críticos de N, P y K en *Brachiaria*.** Pastos y Forrajes. 12: 155 – 161.

- Mezhua C.M.A y A.H. Téllez. 1993. **Evaluación de la saccharina cubana en México.** Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. 26 p.
- Milagros M, Iglesias J, Remy V, Reyes F y Martínez J. 1989. **Efecto del pastoreo de glicine en banco de proteína y forraje de caña sobre la producción de leche.** Pastos y Forrajes 12: 255 - 262.
- Moarcy Corsi M. Jr., G.B. Domicio do Nascimento, M.A.A. Balsalobre. 2001. **Impact of grazing management on productivity of tropical grsslands.** Preoceedings of XIX International Grassland Congress. Sao Pedro, Sao Paulo, Brasil. Compact Disc.
- Montpellier F.A y T.R. Preston. 1977. **Digestibilidad y consumo voluntario de dietas basadas en caña de azúcar: efecto de picar el tallo en partículas de diferentes tamaños.** Prod. Anim. Trop. 2: 40 - 44.
- Molina A. 1997. **Principios elementales para la utilización del forraje de caña de azúcar en la alimentación del ganado vacuno.** En: Manual Agro-Red para la ganadería. Tomo II. Agrotecnia y producción de alimentos. ICA. La Habana, Cuba. Pp 59 – 61.
- Mota R.V. 1993. **Digestibilidad in vivo en ovinos utilizando diferentes niveles de saccharina en la dieta.** Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. 35 p.
- Muñoz E y R. Gonzalez. 1998. **Caña de azúcar integral para estimular el consumo a voluntad de alimentos voluminosos en vacas.** Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. 31: 33-40

- Ojeda F, D. Díaz e I. Jácome. 1992. **Efecto de la edad y la fertilización sobre la calidad fermentativa de los ensilajes tropicales. I. Hierba de Guinea cv. Likoni.** Pastos y Forrajes. 15: 164 – 174.
- Osorio M. M. 1998. **Caracterización de los sistemas bovinos de doble propósito en el trópico. Observaciones sobre el comportamiento productivo de grupos raciales.** En: Memorias del Cuarto Foro de los Recursos Genéticos: Ganadería Bovina de Doble Propósito. SAGAR. Villahermosa Tabasco. México pg 8 – 19.
- Pedraza R.M, Galvez M, Pérez J.L, Alcina M y Guevara G. 1998. **Nota sobre la influencia de dietas de cogollo de caña de azúcar y follaje de *Gliricidia sepium* en la producción y calidad de la leche de vacas 5/8 Holstein X 3/8 Cebú.** Rev. Cubana de Ciencias Agric 32:147.
- Preston T.R. 1989. **Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles. Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico.** Consultorías para el Desarrollo Rural Integrado en el Trópico (CONDRIT). Ltda. Cali, Colombia. Pp 93, 182 – 191.
- Preston T.R y Willis. 1986. **Producción intensiva de carne.** Ed DIANA. 6ª edición. 736 p.
- Reyes J, Elías A y García López R. 1997. **Maíz o trigo en los piensos a base de saccharina para vacas lecheras en pastoreo.** Revista cubana de Ciencia Agrícola. 31: 253 – 257.

- Rodríguez S, Elias A y Riveri Z. 1998. **Estudios de la utilización del boniato (*Ipomoea batatas* Lam) en la fermentación en estado sólido de la caña de azúcar.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 32: 307 - 312.
- Ruiz R, Cairo J, Dolores Marrero y Elias A. 1990. **Consumo y digestibilidad en carneros alimentados con diferentes proporciones de Saccharina en el concentrado.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 24: 61- 67.
- Ruiz R y Menchaca M. A. 1990. **Modelado matemático del consumo voluntario en rumiantes. 2. Principios y método para estimar el consumo potencial de materia seca de los pastos y forrajes tropicales.** Revista cubana de Ciencia Agrícola. 24: 51- 59.
- SAGAR. 1999. **Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México 1990-1998.** México, D.F. 168 p.
- SAGAR. 2000. **Informe de actividades 1999 - 2000.** México, D.F. 199 p.
- Sansoucy R, G. Aarts y T.R. Preston. 1988. **La caña de azúcar como alimento: memoria de una consulta de expertos de la FAO en Santo Domingo, República Dominicana 1986.** 317 p.
- Silvestre R, N.A Mc Leold y T.R Prestón. 1977. **Supplementation of sugar cane/urea for growing cattle. Effect of maize grain and different levels and sources of protein.** Tropical Animal Production. 2:81.
- Sosa de P, E. 1979. **Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal.** Chapingo, Edo. de México. Pp 59-110.
- Tafoya G.M. 1989. **Producción de carne de bovino bajo pastoreo en México.** Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 95 p.

- Torres B.I. 1993. **Situación y perspectivas de la ganadería bovina de carne.** FIRA. Boletín Informativo XXXIV. México. 28 p.
- Valdez G y Molina A. 1990. **Principales aspectos acerca de la producción de carne bovina en pastos tropicales.** En: Producción de leche a base de pastos tropicales EDICA, La Habana Cuba. 318 p.
- Valdez G, Elias A y Castillo F. 1994. **Una nota sobre la suplementación de saccharina rústica en la ceiba de machos bovinos en pastoreo.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 28: 285 – 288.
- Valiño E, Elias A, Álvarez E, Quintana M y Montes de Oca N. 1994a. **Composición de especies de bacterias aisladas del proceso de obtención de la saccharina. I. Bacterias gram negativas.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 28: 69 – 74.
- Valiño E, Elias A, Álvarez E, Quintana M y Montes de Oca N. 1994b. **Composición de especies de bacterias aisladas del proceso de obtención de la saccharina. II. Bacterias gram positivas.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 28: 69 – 74.
- Vázquez G. J. 1997. **Ganadería Tropical mexicana: retos fortaleza y debilidad.** Universidad Autónoma de Chiapas. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 68 p.
- Villegas E y Mertz E.T. 1971. **Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad de la proteína del maíz.** CIMMYT. México. Folleto de Investigación No 20. pp 3 - 4.

Zarragoitia L., A. Elías, T.E. Ruiz, J. Plaza y J Rodríguez. 1990. **Utilización de la saccharina y la Leucaena (*Leucaena leucocephala*) como suplemento a hembras bovinas en crecimiento en pastizales de gramíneas de secano.** Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 24: 43 – 49.

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CE

