

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

FERMENTACIÓN RUMINAL Y DIGESTIBILIDAD *IN SITU* EN VACAS HOLSTEIN
ALIMENTADAS CON FORRAJE Y SUPLEMENTADAS CON BLOQUES
MULTINUTRICIONALES Y CULTIVO DE LEVADURAS

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE :

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

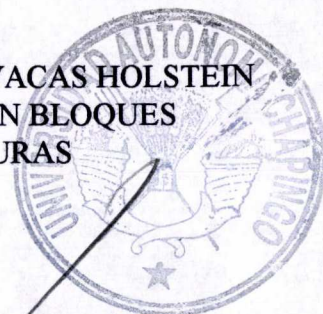
P R E S E N T A :

SANTIAGO RAFAEL GIL DÍAZ



OCTUBRE DE 1998

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

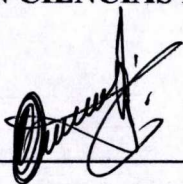
872101

**FERMENTACIÓN RUMINAL Y DIGESTIBILIDAD *IN SITU* EN VACAS HOLSTEIN
ALIMENTADAS CON FORRAJE Y SUPLEMENTADAS CON BLOQUES
MULTINUTRICIONALES Y CULTIVO DE LEVADURAS**

**TESIS REALIZADA POR GIL DÍAZ SANTIAGO RAFAEL BAJO LA
DIRECCIÓN DEL COMITÉ ASESOR INDICADO, APROBADA POR EL MISMO Y
ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:**

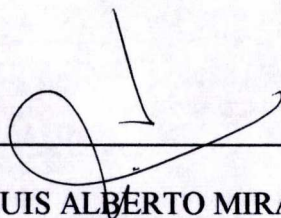
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR:



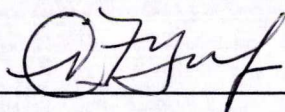
DR. CARLOS FELINO MARCOF ALVAREZ

ASESOR:



DR. LUIS ALBERTO MIRANDA ROMERO

ASESOR:



DRA. GUADALUPE MORA VITAL

**FERMENTACIÓN RUMINAL Y DIGESTIBILIDAD *IN SITU* EN VACAS HOLSTEIN
ALIMENTADAS CON FORRAJE Y SUPLEMENTADAS CON BLOQUES
MULTINUTRICIONALES Y CULTIVO DE LEVADURAS**

**EL JURADO REVISÓ Y APROBÓ EL EXAMEN DE GRADO DE GIL DÍAZ
SANTIAGO RAFAEL AUTOR DE LA PRESENTE TESIS DE MAESTRÍA EN
CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL ESTUVO CONSTITUIDO POR:**

PRESIDENTE:



DR. CARLOS FELINO MARCOF ALVAREZ

ASESOR:



DR. LUIS ALBERTO MIRANDA ROMERO

ASESOR:



DRA. GUADALUPE MORA VITAL

DEDICATORIA

A MIS PADRES

**PEDRO JULIO GIL RAMÍREZ
VIRGINIA AMADA DÍAZ CAPPOBIANCO**

Por ser mi gran apoyo y ejemplo a seguir en esta vida.
Por haberme brindado el apoyo económico para realizar mis estudios de Maestría.

A MI ESPOSA E HIJA

**Walkiria M. Prieto Reyes
Celia V. Gil Prieto**

Por ser lo más grande de mi vida.

A MIS HERMANOS

René, Arturo, Licelott y José Gerardo
Con el afecto de siempre.

A MIS SOBRINOS

René, Virginia, Arturo, Alberto, Ámbar, Pedro, Juan
Con mucho cariño

A LAS MUCHACHAS DÍAZ CAPPOBIANCO

Carmen, Gloria, Venecia, Blanca y Esperanza
Por los gratos recuerdos

A MI FAMILIA EN MÉXICO

Reyes García, Delgado Prieto y especialmente a la familia Prieto Reyes
Con gran aprecio y gratitud.

A LA FAMILIA GIL RUIZ

Especialmente Francisco Enrique
Por estar siempre cerca.

A MIS AMIGOS

**Carlitos, Manolo, Ramón, Carlos Manuel, Miguel P., Miguel F., Nilson, Gregorio, Luis
Manuel, Marino.**
Por los agradables momentos

A LOS QUE YA NO ESTÁN...

AGRADECIMIENTOS

A Quisqueya mi patria, por el orgullo y la dignidad que representas.

Al gran pueblo de México y a la Universidad Autónoma Chapingo, por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado.

Al Dr. Carlos F. Marcof Alvarez, por la dirección de esta tesis.

Al Dr. Luis A. Miranda Romero, por su asesoría y enriquecimiento de este trabajo.

A la Dra. Guadalupe Mora Vital, por su atención y disposición de servicio.

Al Dr. Ognian Vangelov Bohorov, por su apoyo y gran equidad.

Al M.C. José Ayala Osegura y familia, por su amistad.

A Andrés y Héctor Lee, por su gentileza y colaboración.

A la familia Olivares Pineda por su afable y cálido trato.

Al Dpto. de Ingeniería Mecánica de la UACh, en las personas del Ing. Mario Lugo Servando, Ing. Ramón Lobato Silva y al Ing. Francisco Muñoz Gómez, por poner a nuestra disposición los equipos e instalaciones necesarias para realizar parte de esta tesis.

A la administración del Dpto. de Zootecnia de la UACh, por coadyuvar esfuerzos para el desarrollo de este trabajo; especialmente al M.C. Melitón Córdova Alvarez, Dr. Raymundo Rodríguez de Lara, Ing. Carlos Germán Alarcón, Ing. Antonio Arroyo Guadarrama y al M.C. Pedro Nieto García

Gracias.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor es originario de La Romana, provincia ubicada en la región este de la República Dominicana. Ingresó a la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña en el año de 1985 a realizar estudios de Ingeniería Agronómica en Producción de Cultivos donde finalizó en el año 1990. Durante los años posteriores estuvo trabajando en su país de origen en actividades del área ligadas al sector privado. En agosto de 1995 ingresó al Programa de Maestría en Nutrición de Rumiantes del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, concluyendo en octubre de 1998.

RESUMEN

FERMENTACIÓN RUMINAL Y DIGESTIBILIDAD *IN SITU* EN VACAS HOLSTEIN ALIMENTADAS CON FORRAJE Y SUPLEMENTADAS CON BLOQUES MULTINUTRICIONALES Y CULTIVO DE LEVADURAS

Gil Díaz Santiago Rafael, Maestro en Ciencias en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo; Dr. Carlos Felino Marcof Alvarez.

En un primer experimento se determinó el efecto de la temperatura (25, 40 y 55 °C) y tiempo de secado (24, 48, 72 y 96 h) en la dureza ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$) de bloques multinutricionales (BMN) y en la viabilidad de un cultivo de levaduras (Yea-Sacc¹⁰²⁶®; YS); incluido en el BMN, usando como testigo BMN secados a la intemperie a intervalos de 10, 20 y 40 días. Se usó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 4x3 (tiempo x temperatura) y las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey. La dureza de los BMN incrementó en función del tiempo y temperatura de secado, siendo similar a las 24, 48 y 72 h ($P > .05$) de secado y mayor ($P < .05$) a las 96 h. Respecto a la temperatura, la dureza fue similar ($P > .05$) a los 25 y 40 °C y superior ($P < .05$) a los 55 °C. Las UFC. g^{-1} del CL disminuyeron con el incremento de la temperatura, días al secado y días postelaboración. En un segundo experimento el efecto de adición de un 4% de YS en BMN, en el consumo de MS, fermentación ruminal y digestibilidad *in situ* del forraje, se evaluó en cuatro vacas Holstein (600 ± 95 kg PV) con cánula ruminal, las cuales fueron alojadas en corraletas individuales. Todas las vacas fueron alimentadas *ad-libitum* con una mezcla de: rastrojo de maíz (52%) y heno de alfalfa (48%) pero, según el tratamiento asignado se suplementaron con 10 g. d^{-1} de YS suministrado intraruminalmente (YS), con BMN sin YS ($\text{BMN}^{-\text{YS}}$), BMN con 4% de YS ($\text{BMN}^{+\text{YS}}$) o sólo forraje (T). El diseño experimental fue un Cuadrado Latino 4x4, el cual constó de cuatro períodos que comprendieron 10 días de adaptación y 5 de muestreo cada uno. Las medias de tratamientos se analizaron por contrastes ortogonales, los cuales fueron: BMN vs T, BMN vs YS y $\text{BMN}^{+\text{YS}}$ vs $\text{BMN}^{-\text{YS}}$. La suplementación con BMN incrementó ($P < .05$) la concentración de NH_3 ($\text{mg}\cdot\text{dl}^{-1}$) y AGV ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) respecto a T y YS; no obstante, la digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) y de la fibra detergente neutro (DISFDN) sólo la mejoró ($P < .05$) respecto a T pero no ($P > .05$) en comparación a YS a las 12 y 24 h postprandial. El $\text{BMN}^{+\text{YS}}$ incrementó ($P < .05$) el consumo de MS, la concentración de AGV y la DISMS pero no ($P > .05$) de la DISFDN, en la relación al $\text{BMN}^{-\text{YS}}$. El pH dorsal del rumen fue menor ($P < .05$) en los animales suplementados con $\text{BMN}^{+\text{YS}}$ en relación a aquellos alimentados con $\text{BMN}^{-\text{YS}}$. Se concluye que los BMN secados a 55 y 40 °C durante 48 y 96 h respectivamente, obtienen una dureza adecuada para ser proporcionados a los animales en menor tiempo, representado un ahorro en el fraguado entre 26 y 28 días. Los BMN mejoran las variables de fermentación ruminal en animales alimentados con forraje de baja calidad aunque éstos sean inoculados con YS. Además los BMN mejoran su efecto si se les formula con el 4% de YS.

Palabras clave: Bloques, Dureza, Levadura, Fermentación Ruminal, Digestibilidad.

ABSTRACT

RUMINAL FERMENTATION AND *IN SITU* DIGESTIBILITY IN HOLSTEIN COWS FED FORAGES AND SUPPLEMENTED WITH MULTINUTRIENTS BLOCKS LICK AND YEAST CULTURE

Gil Díaz Santiago Rafael, Maestro en Ciencias en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo; Dr. Carlos Felino Marcof Alvarez.

In a first experiment multinutrient blocks lick (MBL) hardness (kg. cm^{-2}) and the viability of yeast culture (Yea-Sacc¹⁰²⁶®; *Saccharomyces cerevisiae*) included directly in MBL were evaluated using a completely random desing in a 4x3 factorial arrangement of treatments to determinate the effect of temperature (25, 40 and 55 °C) in combination with four (24, 48, 72 y 96 h) drying times. Tukey test were used to evaluate differences between means. MBL hardness increased in function the level of temperature and drying times. Hardness were similar at 24, 48 and 72 h ($P > .05$) and was higher ($P < .05$) at 96 h. Likewise hardness were similar at 25 and 40 °C but was higher ($P < .05$) at 55 °C. MBL hardness drying outdoors increased ($P < .05$) in function with postelaboration days. The Colony Forming Units (CFU.g^{-1}) decreased to increase the temperature, drying times and postelaboration days. In a second experiment inclusion of 4% of yeast culture directly in MBL were evaluated in a 4 x 4 Latin square desing experiment, using four fitted ruminally cannulated Holstein cows (600 ± 95 kg BW). All these animals were housing in an individual pen and fed *ad-libitum* the following forage mixture (F): corn stubble (52%), hay lucerne (48%); but according assigned trial, animals were supplemented with 10 g. d⁻¹ of YS administred intraruminally, MBL without YS ($\text{MBL}^{-\text{YS}}$), MBL with YS ($\text{MBL}^{+\text{YS}}$) and only forage (C). Cows were allowed 10 days for initial adaptation to the diet followed by 5 days of sample collection. Orthogonal contrasts were used to test differences between means as follow: MBL vs C, MBL vs YS and $\text{MBL}^{+\text{YS}}$ vs $\text{MBL}^{-\text{YS}}$. Ammonia (mg. dl^{-1}) and VFA (mmol. L^{-1}) concentration were higher for animals supplemented with MBL than C and YS respectively; however *in situ* dry matter (ISDMD) and neutral detergent fiber digestibility (ISNDFD) at 12 and 24 h postincubation were higher ($P < .05$) than C, but not respect to YS ($P > .05$). Dry matter intake, VFA concentration and ISDMD were higher ($P < .05$) for animals that received $\text{MBL}^{+\text{YS}}$ than $\text{MBL}^{-\text{YS}}$, however, ISNDFD was not affected ($P > .05$) by $\text{MBL}^{+\text{YS}}$ respect to $\text{MBL}^{-\text{YS}}$. Ruminal pH in dorsal compartment was lower ($P < .05$) for animals supplemented with $\text{MBL}^{+\text{YS}}$ than $\text{MBL}^{-\text{YS}}$. It is concluded that MBL drying at 55 and 40 °C during 48 and 96 h respectively, get suitable hardness in a less time to be proporcionate to the animals, saving about 26 and 28 days. By other hands the inclusion of 4% of yeast culture in MBL had influence on ruminal fermentation variables in cows fed on low quality forage mixture.

Key Words: Multinutrients Blocks Lick, Yeast, Ruminal Fermentation, Digestibility.

CONTENIDO

Página

RESUMEN

ABSTRACT

ÍNDICE DE CUADROS..... xiii

ÍNDICE DE FIGURAS..... xv

ÍNDICE DEL ANEXO..... xvi

I. INTRODUCCIÓN..... 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA..... 3

2.1. Bloques multinutricionales (BMN)..... 3

2.1.1. Composición de los BMN..... 4

2.1.2. Principios y métodos de la fabricación de los BMN..... 5

2.1.2.1. *Orden de mezclado de los ingredientes*..... 5

2.1.2.2. *Tiempo de fraguado*..... 7

2.1.2.3. *Factores que influyen en la dureza*..... 7

2.1.3. Efecto de la suplementación con BMN en el consumo..... 8

2.1.4. Efecto de la suplementación con BMN en los cambios de peso vivo (CPV)..... 8

2.1.5. Efecto de la suplementación con BMN en la producción de leche..... 9

2.1.6. Efecto de la suplementación con BMN en la función reproductiva..... 10

2.1.7. Efecto de la suplementación con BMN en la digestión de rumiantes..... 11

2.1.8. Otras aplicaciones de los BMN..... 11

2.2. Características de *Saccharomyces cerevisiae* (Sc)..... 12

2.2.1. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en la población microbiana del rumen.....	14
2.2.2. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en los cambios de pH.....	15
2.2.3. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en la producción de AGV.....	16
2.2.4. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en la producción de amoníaco.....	17
2.2.5. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en la digestibilidad de la fibra.....	17
2.2.6. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en el flujo de nitrógeno duodenal.....	19
2.2.7. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en el consumo de alimento.....	20
2.2.8. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en la producción y calidad de la leche.....	20
2.2.9. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en los cambios de peso vivo (CPV).....	21
2.3. Justificación de la inclusión de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en los BMN.....	22
III. OBJETIVOS.....	23
3.1. Objetivo general.....	23
3.2. Objetivos específicos.....	23
IV. HIPÓTESIS.....	24
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
5.1. Dureza de BMN (kg. cm^{-2}) y viabilidad de un CL (UFC. g^{-1}) adicionado en el BMN.....	25
5.1.1. Fabricación de los BMN.....	25
5.1.2. Dureza de los BMN (kg. cm^{-2}).....	26
5.1.3. Unidades formadoras de colonias (UFC. g^{-1}) de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en el BMN.....	27
5.1.4. Diseño experimental.....	27
5.1.5. Análisis de resultados.....	28

5.1.6. Variables de respuesta.....	29
5.2. Efecto de BMN y un CL en la fermentación ruminal y digestibilidad de nutrientes.....	29
5.2.1. Area experimental y características climáticas.....	29
5.2.2. Animales e instalaciones.....	29
5.2.3. Alimentación.....	30
5.2.4. Tratamientos.....	32
5.2.5. Determinación de bacterias ruminales anaeróbicas totales (Log_{10} UFC. ml^{-1}).....	32
5.2.6. Determinación del número más probable de bacterias celulolíticas en el fluido ruminal (Log_{10} del número más probable. ml^{-1}).....	34
5.2.7. Consumo de forraje y de BMN.....	35
5.2.8. Determinación de de metabolitos del fluido ruminal.....	36
5.2.8.1. <i>pH</i>	36
5.2.8.2. <i>Nitrógeno amoniacal</i> (N-NH_3).....	36
5.2.8.3. <i>Ácidos grasos volátiles</i> (AGV).....	37
5.2.9. Degradación <i>in situ</i> (% de desaparición) de la MS del forraje.....	38
5.2.10. Degradación <i>in situ</i> (% de desaparición) de la fibra detergente neutro (DISFDN) del forraje.....	39
5.2.11. Diseño experimental.....	40
5.2.12. Análisis de resultados.....	40
5.2.13. Variables de respuesta.....	40
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
6.1. Concentración de levaduras (UFC. g^{-1}) en el producto comercial (Yea-Sacc ¹⁰²⁶ ®).....	42

6.2. Dureza de los BMN (kg. cm ⁻²).....	42
6.3. Concentración de levaduras (UFC. g ⁻¹) en los BMN durante el secado al intemperie y con temperatura controlada.....	46
6.4. Consumo de MS del forraje y de BMN.....	48
6.5. pH en el fluido ruminal.....	52
6.6. Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃) en el fluido ruminal.....	57
6.7. Proporción molar (mmol. L ⁻¹) y proporción relativa (%) de ácidos grasos volátiles (AGV) en el fluido ruminal.....	61
6.8. Digestibilidad <i>in situ</i> (DIS) del forraje.....	65
6.9. Concentración de microorganismos anaeróbios totales y celulolíticos (Log ₁₀ de UFC. ml ⁻¹) en el fluido ruminal.....	71
VII. CONCLUSIONES.....	73
VIII. RECOMENDACIONES.....	75
IX. LITERATURA CITADA.....	76
X. ANEXO.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Ingredientes y composición química del forraje (Base seca, %)......	30
Cuadro 2. Ingredientes y composición química de los BMN (Base seca, %).	31
Cuadro 3. Tratamientos y claves asignadas.....	32
Cuadro 4. Composición del medio de cultivo para la incubación de microorganismos ruminales anaeróbios totales (MAT) y celulolíticos en caldo de celulosa (MCC).....	34
Cuadro 5. Efecto del nivel de temperatura (°C) y tiempo de secado (h) en la dureza (kg. cm ⁻²) de BMN.....	45
Cuadro 6. Efecto del nivel de temperatura (°C) y tiempos de secado (h) en las UFC. g ⁻¹ de levaduras incluidas en los BMN.....	46
Cuadro 7. Dureza (kg. cm ⁻²) de BMN secados a la intemperie (lugar fresco y sombreado).....	46
Cuadro 8. Efecto de la suplementación con BMN y YS en el consumo de MS de vacas alimentadas con forraje.....	51
Cuadro 9. Cambios en el pH del fluido ruminal en la parte dorsal del rumen en vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS.....	55
Cuadro 10. Cambios en el pH del fluido ruminal en la parte ventral del rumen en vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS.....	56
Cuadro 11. Efecto de la suplementación con BMN y YS en la concentración de N-NH ₃ (mg. dl ⁻¹) en el fluido ruminal de vacas alimentadas con forraje.....	58
Cuadro 12. Cambios en la concentración total (mmol. L ⁻¹) y en la proporción relativa (%) de AGV a las 6 h postprandial en el fluido ruminal de vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS.....	64
Cuadro 13. Efecto de la suplementación con BMN y YS en la digestibilidad <i>in situ</i> de la MS (DISMS, %) en vacas alimentadas con forraje.....	68
Cuadro 14. Efecto de la suplementación con BMN y YS en la digestibilidad <i>in situ</i> de la FDN (DISFDN, %) en vacas alimentadas con forraje.....	70

Cuadro 15. Cambios en la población de bacterias totales y celulolíticas en el fluido ruminal de vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS.....	72
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Efecto del nivel de temperatura (°C) y tiempos de secado (h) en la dureza (kg. cm ⁻²) de BMN.....	44
Figura 2. Cambios en la concentración de N-NH ₃ (mg. dl ⁻¹) en el fluido ruminal de vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS	59
Figura 3. Degradabilidad <i>in situ</i> de la MS % en vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS.....	67

ÍNDICE DEL ANEXO

Página

PROTOCOLOS:

A.1. Conversión de Kilonewton (Kn) a kg. cm ⁻²	87
---	----

CUADROS:

A-1. Composición de bloques multinutricionales.....	88
A-2. Efecto del nivel de melaza, óxido de magnesio (MgO) y urea en la dureza de bloques multinutricionales kg. cm ⁻²).....	89
A-3. Consumo de alimento (kg. d ⁻¹) en rumiantes suplementados con bloques multinutricionales.....	90
A-4. Cambios de peso vivo (CPV) en rumiantes suplementados con bloques multinutricionales.....	91
A-5. Efecto de la suplementación con cultivo de levaduras sobre parámetros ruminales.....	92

FIGURAS

A-1. Mecanismo de acción de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	93
---	----

I. INTRODUCCIÓN

Alrededor del 80% de los forrajes maduros y residuos de cosechas son potencialmente fermentables; sin embargo, una proporción considerable de este porcentaje es protegido de la fermentación microbiana por enlaces lignocelulósicos que recubren el substrato y excluyen físicamente a los microorganismos ruminales (Leng *et al.*, 1991).

El rumen proporciona las condiciones necesarias para que los microorganismos simbióticos fermenten los polisacáridos (celulosa, hemicelulosa y pectina) de las paredes celulares de las plantas, ya que los mamíferos no tienen la maquinaria enzimática para hidrolizar estos compuestos. Puesto que las paredes celulares de las plantas son un mecanismo que controlan el consumo de forrajes, el mejorar la digestibilidad de esta fracción también mejoraría el consumo y disponibilidad energética de los forrajes y residuos de cosechas para los rumiantes (Jung y Allen, 1995).

Las estrategias para la alimentación de los microorganismos del rumen de rumiantes considera los requerimientos para crear un ecosistema ruminal eficiente y favorecer la fermentación de la fibra y otros nutrimentos. También se toma en cuenta el balance de los productos de fermentación y los nutrientes de sobrepaso, de forma que se optimice el uso de la energía disponible de los alimentos para los procesos productivos (Nolan y Leng, 1991). Una alternativa de suplementación de nutrientes es el uso de bloques de melaza y compuestos nitrogenados

fermentables para incrementar la digestibilidad del forraje y residuos de cosechas (Combellas, 1991). En este sentido, también la inclusión de cultivos microbianos como en dietas para rumiantes han mostrado mejorar la degradación de la fibra mediante un incremento de la población microbiana del rumen (Harrison *et al.*, 1988; Wiedmeier *et al.*, 1987). Por esta razón, los cultivos microbianos no deben descartarse para incluirse en suplementos sólidos melaza-urea debido a resultados positivos en el comportamiento productivo animal (Flores, 1996).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Bloques multinutricionales (BMN)

La mayoría de los forrajes para los rumiantes de los países en desarrollo, son bajos en compuestos nitrogenados y en digestibilidad (Leng *et al.*, 1991). Por esta razón y con el fin de aumentar la productividad de los vacunos criados por pequeños productores de los países en desarrollo, se buscan nuevas prácticas nutricionales.

Los BMN permiten que el animal regule el consumo de suplemento según sus necesidades, ésto resulta particularmente ventajoso con animales en pastoreo que disponen de forrajes en cantidades y calidades diversas a través del año. Además la suplementación en el potrero con BMN facilita el trabajo en virtud de que en un día se pueden proveer los bloques que requieran los animales por un mes mediante un simple sombreado rústico (Ayala, 1990). El BMN asegura una función ruminal óptima, a través del suministro constante de nitrógeno en forma de amoníaco (Combellas, 1991).

La composición original de los BMN, se basó en investigaciones realizadas por la FAO en Egipto, la cual consistió de: melaza (50%), urea (10%), cal viva (10%), sal (5%) y salvado de trigo (25%). Con base en esta fórmula se han introducido muchas variantes según la disponibilidad y precio de los ingredientes en determinado país, los medios existentes para su uso y la calidad de los bloques (Sansoucy, 1986).

2.1.1. Composición de los BMN

Los ingredientes que se han incluido en la fabricación de los BMN pueden ser clasificados dentro de los grupos indicados en el Cuadro A-1 (Anexo). La urea es el principal compuesto nitrogenado degradable utilizado en los BMN para proveer el nitrógeno deficiente en el forraje, requerido por los microorganismos ruminales en especial los fibrolíticos (Leng, 1984). La melaza es el constituyente más abundante y la fuente más común de energía en los BMN; además sirve de vehículo para la urea y los minerales, también sirve de saborizante y es fuente de elementos trazas y algunos macro-elementos (e.g., azufre, calcio y potasio) (Leng *et al.*, 1991). Se sugiere que los BMN deben contener algún ingrediente cuya función primaria sea absorber el exceso de agua de la melaza. Por lo regular este tipo de ingrediente constituye una proporción alta en los BMN y además, puede servir como proteína de sobrepaso (Sansoucy, 1986). Los ingredientes que representan una mínima proporción del BMN son las sales y los agentes compactantes. Las sales son adicionadas como fuente de nutrientes y reguladoras de consumo, lo cual debe cuidarse puesto que si se promueve un mayor consumo, existe el riesgo de inducir toxicidad por ingestión excesiva de urea (Ducker y Kendall, 1977). Los aglutinantes o compactantes son de gran importancia en la fabricación de los BMN debido a que determinan la estructura y dureza de los BMN (Sansousy, 1986; Shiere *et al.*, 1989).

2.1.2. Principios y métodos de la fabricación de los BMN

La fabricación de los bloques de melaza-urea se basa en la solidificación de la melaza a través de componentes que no requieren una tecnología complicada. En el pasado la solidificación de los BMN requería del calentamiento de la melaza y del uso de compuestos tales como la bentonita, óxido de magnesio, la dolomita, etc. En la actualidad el proceso de solidificación considera el uso de la cal o cemento portland como agentes ligantes en la mezcla y el proceso se realiza a la temperatura ambiente (Ayala, 1990). Otros autores recomiendan el precalentamiento de la melaza, lo cual produce un material miscible y asegura un mejor mezclado y distribución de los demás componentes del bloque (Sudana y Leng, 1986; Neric *et al.*, 1985).

2.1.2.1. Orden de mezclado de los ingredientes

Para asegurar un producto final con distribución homogénea de ingredientes y compactación adecuada, el mezclado de los ingredientes debe hacerse en el orden correcto. El siguiente orden ha sido reportado como esencial: agua, urea, sal, mezcla mineral, mezcla vitamínica, cemento, melaza y finalmente un absorbente (Tiwari *et al.*, 1990). Sin embargo, Sansoucy (1986) indicó que la secuencia deseable es: melaza, urea, sal, cal o cemento y un material absorbente; aunque muchas veces la alta viscosidad de la melaza no permite conseguir homogeneidad en el mezclado. La dureza se incrementa y el tiempo de endurecimiento se

reduce al humedecer el cemento previamente con agua alrededor de una tercera parte o la mitad del peso del cemento. El mezclado es importante para lograr la homogeneidad de los componentes en el bloque. La mezcla se puede hacer manualmente (artesanal) o en mezcladora mecánica (semi-artesanal), esta última presenta problemas, debido a que la fuerza centrífuga forma esferas de material, no quedando homogénea la mezcla, además hay mayor pérdida de material que se adhiere a las paletas y paredes (Birbe *et al.*, 1994). No obstante, si es necesario intensificar los niveles de producción hay que adaptar los modos de producción artesanal y semi-artesanal a procesos más industrializados (Ortíz y Baumeister, 1994).

Según Ayala (1990), el mezclado de la melaza con la urea requiere de 10 minutos aproximadamente y colateralmente se realiza una premezcla que contenga la sal mineral y el cemento con agua (50% del peso del cemento). La homogenización total de esta última mezcla debe coincidir con el final del mezclado de melaza-urea. Ambas mezclas se revuelven durante otros 5 minutos y por último, se agrega el relleno (absorbente) y se mezcla otros 10 minutos para la homogenización final de todos los componentes del bloque melaza-urea. En la inclusión de harinas proteínicas o fármacos, el mezclado debe seguir el siguiente orden: melaza, urea, sal y minerales, compactante, harinas proteínicas o fármacos y finalmente el absorbente. Entre los materiales mayormente utilizados como moldes están: moldes metálicos, plástico o maderas, cubos de

albañilería, etc. Previo al vaciado de la mezcla a los moldes, se coloca un forro de plástico (polietileno) que facilite la remoción del bloque una vez que se haya cumplido el período de amoldado, de otra forma se puede dificultar la remoción del bloque de las paredes del molde (Sansoucy, 1986).

2.1.2.2. *Tiempo de fraguado*

Después de colocada la mezcla en los moldes, el BMN debe retirarse hasta que hallan transcurrido entre 15 horas (Sansousy, 1986) y 24 horas (Tiwari *et al.*, 1990). Posteriormente, los bloques deben permanecer en un lugar techado con ventilación por 15 días más de reposo para permitir el fraguado completo del cemento (Ayala, 1990). La cal (apagada) puede reducir el tiempo de fraguado hasta en 2 días; sin embargo, el manipuleo de los BMN es posible a los 14 días y su uso a partir de los 30 que es el tiempo en que alcanzan la dureza recomendada de 5-6 kg. cm⁻² (Sansoucy, 1986).

2.1.2.3. *Factores que influyen en la dureza*

Entre los factores que pueden afectar la dureza de los BMN se hallan la calidad de la melaza, el tipo de compactantes y la proporción de ingredientes. La melaza debe tener al menos 85 grados Brix y no debe ser diluida en agua. Una mayor proporción de melaza, causará una menor dureza del bloque. La proporción del compactante, el absorbente y los

niveles de urea y sal también afectan la solidificación debido a que ambos son altamente higroscópicos (Sansoucy, 1986). En el Cuadro A-2 (Anexo) se aprecia como la proporción de ingredientes puede afectar la dureza de los BMN.

2.1.3. Efecto de la suplementación con BMN en el consumo

La suplementación de ovinos en pastoreo con BMN mejoró ($P < .05$) su consumo de MS de paja de trigo que contenía 3.2% de proteína cruda de 0.4 a 1.0 kg. d⁻¹ (Messenger *et al.*, 1971). Sudana y Leng (1986) también hallaron que los BMN incrementaron ($P < .001$) el consumo de ovinos alimentados con una dieta a base de paja de trigo de 0.33 a 0.42 kg. d⁻¹. Este mismo efecto se observó en búfalos, los cuales aumentaron ($P < .01$) su consumo de paja de arroz de 3.4 a 4.2 kg. d⁻¹ (Leng, 1984) y en becerros búfalos se incrementó entre 0.28 y 0.89 kg. d⁻¹ (Tiware *et al.*, 1990; Singh y Mehra, 1990; Elangovan *et al.*, 1991). En el Cuadro A-3 (Anexo) se presentan resultados del consumo de alimento en rumiantes suplementados con BMN.

2.1.4. Efecto de la suplementación con BMN en los cambios de peso vivo (CPV)

Las mayores ganancias de peso de animales en crecimiento suplementados con BMN, se han obtenido cuando se suministraron harinas proteínicas de sobrepaso incluidas en el bloque o en la dieta base (Sudana y Leng, 1986; Nolan y Leng, 1991). El rendimiento en novillos

suplementados con bloques conteniendo 7% de harina de algodón y de soya fue de 0.97 kg. d⁻¹ (Bercín *et al.*, 1994) y de 0.66 kg. d⁻¹ en novillonas cuando se incluyó 9% de harina de carne y hueso en el bloque (Araque, 1994). En el Cuadro A-4 (Anexo) se muestran resultados en los cambios de peso vivo (CPV) en rumiantes suplementados con BMN.

2.1.5. Efecto de la suplementación con BMN en la producción de leche

Las respuestas en producción de leche al uso de BMN han sido bajas, pero siempre positivas y variando entre 0.1 y 0.8 kg. d⁻¹ (Combellas, 1994). En vacas criollas y búfalas lecheras consumiendo en promedio 0.45 y 0.32 kg. d⁻¹ de bloques respectivamente, el consumo de alimento y la producción diaria de leche en ambas especies se incrementó ($P < .001$). Sin embargo, el aumento en la producción de leche fue mayor en vacas (de 3.8 a 5.4 L; 42%) que en búfalas (de 3.7 a 4.5 L; 22%) (Habib *et al.*, 1991). En dos grupos de vacas lecheras Holstein Friesian suplementadas con BMN, la producción de leche aumentó ($P < .001$). El incremento en la producción total de leche durante un período de 18 semanas para un primer grupo fue (de 871 a 1119 L; 28%); mientras que el segundo obtuvo una mejoría (de 900 a 1107 L; 23%) (Nolan y Leng, 1991). Estos mismos autores hallaron un efecto similar en cabras lecheras, las cuales al ser suplementadas con BMN incrementaron su producción (de 99 a 121 L; 22%) durante 18 semanas.

2.1.6. Efecto de la suplementación con BMN en la función reproductiva

El intervalo entre parto depende del reestablecimiento de la actividad ovárica después del parto, ésta puede retardarse dependiendo de la condición corporal, amamantamiento, producción de leche y enfermedades que presente el animal. En este sentido, el balance energético negativo durante el estado avanzado de preñez y lactación temprana reduce la función ovárica. Una buena suplementación de nutrientes mejora la actividad ovárica postparto; de aquí, que los BMN sean una alternativa práctica para mejorar no sólo el rendimiento productivo sino también el reproductivo. La suplementación con BMN se asocia con diferencias significativas del intervalo a la primera ovulación y el número de días para el reestablecimiento del ciclo ovárico (Días $\pm$ DE; 23.50 $\pm$ 3.39 vs 83.50 $\pm$ 7.54) y el estral ($P < .001$; Días $\pm$ DE; 67.63 $\pm$ 5.52 vs 168.50 $\pm$ 5.92) para vacas con y sin BMN respectivamente (Ghosh *et al.*, 1993). En condiciones de pastoreo durante el período seco tropical la suplementación con BMN a vacas productoras de carne favoreció un mayor ($P < .05$) porcentaje de preñez en la época de apareamiento (abril-julio), tanto en vacas multíparas (90.9 vs 75.0) como en primíparas (83.3 vs 25.0) (Combellas, 1991). En ovejas la suplementación con BMN durante la época de apareamiento produjo una mayor ($P < .05$) tasa de concepción y la suplementación en la etapa de preñez media y final estimularon un mayor número de partos múltiples e incremento de peso al destete (Waterhouse y McClelland, 1987).

2.1.7. Efecto de la suplementación con BMN en la digestión de rumiantes

La digestibilidad *in situ* de la MS de la paja de trigo en búfalos suplementados con BMN fue incrementada ($P < .05$) de 34.95 a 39.20% a las 24 h postprandial. Esta mejoría en la digestibilidad de la MS se relaciona con el incremento ($P < .05$) en la concentración de amoníaco ruminal en los animales suplementados en comparación con los que no recibieron BMN (5.0 vs 1.5 y 5.7 vs 2.4 mg. dl⁻¹ respectivamente) (Habib *et al.*, 1991). La digestibilidad de otros nutrientes como la materia orgánica, nitrógeno, extracto etéreo, fibra neutro y ácido detergente también pueden ser mejoradas con la suplementación con BMN en becerros de búfalo (Tiwari *et al.*, 1990). También se observó que la concentración molar de AGV totales se incrementó en ovinos con y sin suplemento en forma de BMN (8.4 vs 6.3 mmol. dl⁻¹) respectivamente (Sudana y Leng, 1986). Leng (1984) proporcionó una dieta a base de paja de arroz a dos grupos de novillos suplementados con 1 kg de concentrado o con BMN. Los animales suplementados con BMN incrementaron ($P < .001$) los valores de nitrógeno amoniacal en el fluido ruminal. Las concentraciones antes de la alimentación fueron similares (5.6 vs 4.5 mg. dl⁻¹) pero después de ésta, la proporción fue mayor en los animales suplementados con el BMN (11.2 vs 19.5 mg. dl⁻¹).

2.1.8. Otras aplicaciones de los BMN

Aparte del uso como suplemento, los BMN pueden ser utilizados

como un vehículo para suministrar medicamentos preventivos de algunas enfermedades en el ganado (Taiwo *et al.*, 1993). Estudios al respecto muestran que el BMN conteniendo poloxaleno o detergente alcohol ethoxylato, es efectivo para la prevención del timpanismo en el ganado lechero y productor de carne que consumen cantidades elevadas de leguminosas (Stiles *et al.*, 1967; Graham *et al.*, 1977). También la inclusión de antihelmínticos (fenbendazol) en los BMN han mostrado control efectivo de parásitos en bovinos (Blagburn *et al.*, 1987) lo que se refleja en una mejor conversión alimenticia y ganancia de peso de los animales tratados con bloques medicados (Araque y Rosos, 1993).

2.2. Características de *Saccharomyces cerevisiae* (Sc)

Existen ciertos tipos de levaduras que pueden crecer en el rumen y algunas cepas de *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) anaeróbicas facultativas tienen esta misma posibilidad (Williams, 1990). Durante el proceso de cultivo de las levaduras se forma una masa fúngica, que contiene 40% proteína, 15% ácidos nucleicos, 25% polisacáridos, 15% lípidos y un 5% de compuestos hidrosolubles como nucleótidos, aminoácidos, vitaminas y minerales. Durante su crecimiento se liberan sustancias de desechos como nucleótidos, aminoácidos, factores de crecimiento y enzimas, que se mezclan con el resto de componentes originales del medio de cultivo (Rose, 1987).

Saccharomyces cerevisiae es una levadura alta tipo (Frohberg) y la

fermentación que produce se realiza a un pH neutro o ligeramente alcalino, entre los nutrimentos que se consideran fermentables por *Saccharomyces* están: glucosa, galactosa, sacarosa, maltosa, parcialmente rafinosa pero no fermenta la lactosa (Moat, 1979). Según Miles (1994) *S. cerevisiae* es una levadura unicelular de forma oval o redonda y su tamaño puede oscilar entre 5 a 10 micras, reproduciéndose ésta por gemación dando lugar a nuevas células hijas. Esta posee forma circular o ligeramente alargada con los siguientes componentes: membrana citoplasmática, pared celular (quitina y glicanos), citoplasma, mitocondrias, membrana celular con poros y bien definida, núcleo, pero ésta es carente de nucleolo y aparato de Golgi. Los límites de temperatura para la formación de células se encuentran entre los 3 y 40 ° C. El rango para la esporogénesis es de 9 a 37 ° C, con una temperatura óptima de 30 °C en un tiempo de 40 horas. Esta se clasifica dentro del grupo de los grandes hongos, pertenecientes a los actynomicetos, los cuales pertenecen a los ascomycetos unicelulares. Su clasificación sistemática es la siguiente:

Familia: *Saccharomicetae*

Subfamilia: *Saccharomycetoideae*

Tribu: *Sacchamycetaceae*

Género: *Saccharomyces*

Especie: *cerevisiae*

2.2.1. *Saccharomyces cerevisiae* en la población microbiana del rumen

Pruebas *in vivo* realizadas para evaluar el efecto de *Saccharomyces cerevisiae* en la población microbiana del rumen mostraron que el número de bacterias celulolíticas incrementó ($P < .05$) después de la inclusión de cultivos de levaduras (CL) en la dieta de vacas lecheras (Wiedmeier *et al.*, 1987). La inclusión de CL en dietas para vacas lecheras aumentó ($P < .07$) el número de bacterias totales y celulolíticas (Harrison *et al.*, 1987). Del mismo modo, Harrison *et al.* (1988) en bovinos lecheros alimentados con ensilaje de maíz y concentrado (40:60) con CL, obtuvieron incremento en la concentración de bacterias celulolíticas ($P < .03$).

Dawson *et al.* (1990) observaron bajo condiciones *in vitro* utilizando un simulador de la fermentación ruminal que la adición de CL a dietas para vacas lecheras incrementó ($P < .05$) el número de bacterias anaeróbicas totales y celulolíticas.

Por otra parte, Carro *et al.* (1992a) al incluir CL en tres raciones para vacas lecheras con diferentes proporciones de forraje:concentrado sometidas a un fermentador Rusitec obtuvieron incrementos ($P < .001$) en la población de protozoarios para las dietas alta y media en concentrados; mientras que ésta fue menor para la dieta baja en forrajes. Sin embargo, el porcentaje de protozoarios holotrichos fue mayor ($P < .05$) para la dieta baja en concentrado. Esta alteración en el número de protozoarios holotrichos sugiere que los cultivos de levadura afectan la población microbiana del rumen. La Figura A-1 (Anexo) muestra los mecanismos

propuestos respecto a la actividad de las levaduras en la población microbiana del rumen (Dawson, 1993).

2.2.2. *Saccharomyces cerevisiae* en los cambios de pH

Los cambios en el pH debido a la inclusión de cultivos de levaduras en dietas para rumiantes han sido variables e inconsistentes. Por ejemplo, Chademana y Offer (1990) no reportaron efecto significativo en el pH ruminal al incluir CL en dietas para ovinos y Williams *et al.* (1991) indican que el pH del rumen se mantiene invariable al incluir CL en dietas completas para vacas lecheras. Tampoco Malcolm y Kiesling (1990) detectaron cambios en el pH del fluido ruminal al incluir porcentajes variables de harina de algodón y CL en una dieta para novillos de engorda compuesta de 60% de alfalfa y 40% de concentrado.

Edwards *et al.* (1990) reportaron que la inclusión de CL en dietas concentradas para la engorda intensiva de novillos el pH disminuyó ($P < .05$) en comparación al testigo. Harrison *et al.* (1988) también reportaron una reducción ($P < .002$) en el pH ruminal al incluir CL en dietas concentradas para vacas lecheras. En contraste Molony y Drenan (1994) reportaron una disminución ($P < .001$) del pH por efecto de la adición de Yea-Sacc¹⁰²⁶®, en novillos alimentados con una dieta de baja calidad. En los casos en que la inclusión de un CL en una dieta concentrada aumenta el pH del rumen postalimentación; probablemente se deba a una reducción ($P < .01$) en la concentración de L-lactato ruminal de los novillos

suplementados con CL (Williams *et al.*, 1991).

2.2.3. *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de AGV

Se han reportado aumentos en la proporción molar de AGV por la inclusión de cultivos microbianos en la dieta para rumiantes. Los CL en dietas altas en forraje favorece un incremento en la proporción relativa de propionato ($P < .05$) en fermentadores simuladores de rumen y reduce ($P < .05$) la relación acetato:propionato (Dawson *et al.*, 1990). Por el contrario Harrison *et al.* (1988) en rumen de vacas canuladas obtuvieron incrementos en la proporción molar de acetato ($P < .007$), propionato ($P < .006$) y en la relación acetato:propionato ($P < .01$); además se verificaron cambios significativos en la concentración ($P < .03$) total de isoácidos ruminales al incluir un CL a una ración compuesta de 40% de ensilaje de maíz y 60% de concentrado.

El efecto de los CL puede variar en función de la proporción de forraje:concentrado de raciones para vacas lecheras sometidas a un fermentador Rusitec. Carro *et al.* (1992a) obtuvieron un incremento en la proporción molar de AGV totales ($P < .05$) cuando la dieta fue alta en concentrado y una reducción en la concentración de acetato ($P < .001$); y un incremento en la concentración de butirato y valerato ($P < .001$) con la dieta media en concentrado, mientras que en la dieta baja en concentrado el CL causó un incremento ($P < .05$) en la proporción molar de acetato, butirato, isovalerato, valerato y en la relación acetato:propionato. Esta

situación sugiere que los efectos de interacción entre los CL y los microorganismos ruminales son dependientes de la población microbiana y por lo tanto son influenciados por la dieta.

2.2.4. *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de amoníaco

El amoníaco es la fuente de nitrógeno preferida para una gran parte de la población de bacterias ruminales, lo cual ha sido demostrado ampliamente debido a un gran flujo de este ión hacia el interior de las bacterias ruminales (Mathison y Milligan, 1971). Harrison *et al.* (1988) atribuyeron la tendencia ($P = .15$) en la disminución de la concentración del amoníaco ruminal en vacas alimentadas con CL a un reflejo que incrementa el transporte de este ión dentro de la proteína microbiana, lo cual pudo influir en el incremento de la población de bacterias celulolíticas y anaeróbios totales obtenidos. No obstante, Wiedmeier *et al.* (1987) reportaron que la inclusión de cultivos microbianos no produjo cambios en la concentración de nitrógeno amoniacal. Resultados similares se observaron, independientemente de la cantidad de concentrado y el tipo de forraje al incubarlas en un simulador Rusitec con CL (Carro *et al.*, 1992b).

2.2.5. *Saccharomyces cerevisiae* en la digestibilidad de la fibra

La inclusión de CL a una ración compuesta de ensilado de maíz (40%) y concentrado (60%) no afectó la digestibilidad de la MS, FDN, FDA y Hemicelulosa; no obstante que incrementó la población de bacterias

anaeróbicas totales y celulolíticas (Harrison *et al.*, 1988). En contraste Erasmus *et al.* (1992) reportaron que el número de bacterias celulolíticas de animales alimentados con CL fue similar al testigo; sin embargo, la digestibilidad *in situ* de la MS para la dieta con CL tendió a ser mayor a las 12 (11.9 vs 13.8; $P = .15$) y 24 h (20.1 vs 22.0; $P < .094$) postincubación; pero se redujo (32.7 vs 31.4) a las 48 h. Por lo tanto, aunque los CL favorezcan mayores poblaciones de bacterias celulolíticas, no necesariamente incrementará la digestión de los componentes de la pared celular (Jung y Varel, 1987).

Chademaña y Offer (1990) al incluir CL en dietas para ovinos hallaron que al extenderse el período de incubación pasadas las 48 h no se presentan diferencias en la digestibilidad *in situ* de la MS de heno de mediana calidad.

Carro *et al.* (1992a) al incluir cultivos de levaduras en tres raciones con diferentes proporciones de forraje:concentrado y sometidas a la fermentación por bacterias ruminales en un fermentador Rusitec, obtuvieron incrementos ($P < .001$) en la digestibilidad de la MS y ($P < .01$) FDN solo de la dieta alta en concentrado. También se ha observado que en dietas para becerras compuesta a base de paja de arroz el CL incrementó ($P < .05$) la digestibilidad de la MS y FDN cuando se incrementó el nivel de proteína de 10 a 14% (Sommart *et al.*, 1993). La inclusión de cultivos de levaduras a dietas concentradas para ganado Holstein fistulados no tuvieron efecto en la digestibilidad de la FDA, pero

si incrementó ($P < .05$) en la digestibilidad de la hemicelulosa (Wiedmeier *et al.*, 1987). Posiblemente el efecto del CL dependa de la proporción de concentrado o FDN dietario. En el Cuadro A-5 (Anexo) se observa el efecto de los CL en parámetros ruminales.

2.2.6. *Saccharomyces cerevisiae* en el flujo de nitrógeno duodenal

Los CL pueden afectar el flujo de N no amoniacal hacia duodeno lo que puede relacionarse con la actividad de la población microbiana del rumen. Williams *et al.* (1990) reportaron un incremento ($P < .05$) en el flujo y absorción de nitrógeno no amoniacal en ovinos suplementados con CL, atribuido a un flujo mayor de proteína microbiana. Esto último se ha observado al suplementar con CL a novillos en engorda (Edwards *et al.*, 1990) determinado por una mayor secreción urinaria de alantoina. Según Erasmus *et al.* (1992) la suplementación con CL produjo cambios en el perfil de aminoácidos de la digesta duodenal, donde 4 de los 17 aminoácidos analizados incrementaron ($P < .05$) su concentración incluyendo la metionina ($P = .10$), uno de los aminoácidos limitantes en la producción de leche de bovinos. Los tratamientos suplementados con CL presentaron un flujo de N no amoniacal (NNA) 9.4% mayor que el testigo, en tanto que el nitrógeno microbiano representó 56 y 47% del N pasante para dietas con y sin la inclusión de CL, respectivamente.

2.2.7. *Saccharomyces cerevisiae* en el consumo de alimento

Diversos investigadores reportaron incrementos en el consumo de MS entre 0.5 y 1.7 kg. d⁻¹ cuando se incluyó cultivos de levaduras (CL) en raciones completas para vacas lecheras (Harris y Lobo, 1988; Williams *et al.*, 1991; Wohlt *et al.*, 1991; Erasmus *et al.*, 1992). Mutsvangwa *et al.* (1992) y Adams *et al.* (1981) al incorporar CL observaron este mismo efecto en raciones para novillos alimentados en forma intensiva, el CL incrementó el consumo de MS ($P < .05$). Sin embargo, otros investigadores no observaron tal incremento. Swartz *et al.* (1994) en dietas concentradas para vacas lecheras de alto rendimiento no encontraron dicho efecto a la inclusión de CL y Sommart *et al.* (1993), al incluir CL en dietas para becerras no reportaron diferencias significativas en el consumo. Estas observaciones indican que la actividad de los CL depende de diversos factores los cuales destacan la composición de la dieta y régimen alimenticio.

2.2.8. *Saccharomyces cerevisiae* en la producción y calidad de la leche

La inclusión de cultivos de levaduras en raciones completas para vacas lecheras no afectaron la producción y porcentaje de grasa láctea (Arambel y Kent, 1990; Wohlt *et al.* 1991). El CL tampoco mejora los porcentajes de proteína, grasa y la leche corregida al 3.5% de grasa en bovinos lecheros de alta producción en los distintos estados de lactación (Swartz *et al.*, 1994).

Williams *et al.* (1991) reportaron un incremento ($P < .062$) promedio en la producción diaria de leche de 1.2 kg. d⁻¹ y un incremento ($P < .05$) de 1.4 L. d⁻¹ en la producción de leche corregida al 4% de grasa, representando esto una mejoría de un 5% en la producción y Harris y Webb (1990) señalaron que la inclusión de CL en la ración de vacas lecheras incrementaron significativamente ($P < .01$) los porcentajes de proteína y grasa en leche. Harris y Lobo (1988) no encontraron cambios significativos en los componentes de la leche; sin embargo, hallaron incrementos en la grasa láctea de vacas lecheras en lactación temprana. Estos datos señalan que la respuesta en la producción y calidad de la leche al incluir CL en dietas para vacas lecheras de alta producción están influenciadas por el tipo de forraje, estado de lactación, relación forraje:concentrado y formas de administración de la dieta.

2.2.9. *Saccharomyces cerevisiae* en los cambios de peso vivo (CPV)

Wallace y Newbold (1993) señalaron que con 8 g. d⁻¹ con cultivo microbial seco activo se incrementó un 6% la ganancia diaria de peso en novillos; sin embargo, en otros estudios los resultados han sido variables y con incrementos mínimos en la producción. Por ejemplo, Adams *et al.* (1981) no reportaron diferencias en la ganancia de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) al incorporar CL en dietas para rumiantes. En otros estudios y diferentes dietas se han reportados resultados similares (Mutsvangwa *et al.*, 1992; Mir y Mir, 1994).

2.3. Justificación de la inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* en los BMN

Tomando como base la presente revisión podemos señalar que los resultados obtenidos en la utilización de los CL son variables e inconsistentes. Sin embargo, debido a que la influencia modificadora de los CL en la fracción de las paredes celulares de los forrajes no han sido bien esclarecidas, se sugiere continuar estudios que confirmen la utilidad de este aditivo, sobre todo como suplemento en las dietas fibrosas de los rumiantes. Necesariamente la búsqueda de un mejor aprovechamiento de los recursos alimenticios debe ir orientada a mejorar el ecosistema ruminal, donde los CL en combinación con otros nutrientes (nitrógeno degradable, minerales, etc.) tendrían una importante función en proporcionar factores promotores del crecimiento microbiano que permitan mejorar el potencial nutritivo de la ración y consecuentemente el rendimiento animal.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de bloques multinutricionales y un cultivo de levadura en las características de fermentación ruminal, consumo de alimento y digestibilidad de la MS y FDN dietarios en vacas Holstein alimentadas con forraje.

3.2. Objetivos específicos

Establecer el efecto que producen la temperatura y días al secado en la dureza y viabilidad de un cultivo de levadura incluido en bloques multinutricionales.

Determinar la respuesta que produce la suplementación con BMN y un cultivo de levadura en los cambios de pH, en la concentración de N-NH₃ y AGV del fluido ruminal, la degradabilidad *in situ* de la MS y FDN dietario, el consumo de alimento y la población microbiana del rumen.

IV. HIPÓTESIS

1. El tiempo requerido para alcanzar la dureza apropiada de los BMN se reduce por efecto de la temperatura.
2. La viabilidad de un cultivo de levadura incluido en los BMN no es afectada por la temperatura y los días de exposición al secado.
3. La suplementación con BMN a vacas Holstein alimentadas con forraje afectará las características de fermentación ruminal, el consumo de alimento, la digestibilidad de nutrientes y la población microbiana del rumen.
4. La inclusión de un CL mejorará las características de fermentación ruminal, el consumo de alimento, la digestibilidad de nutrientes y la población microbiana del rumen en vacas Holstein alimentadas con forraje.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos, el primero consistió en evaluar el efecto de la temperatura (24, 40 y 55 °C) y tiempo de secado (24, 48, 72 y 96 h) en la dureza y viabilidad de un cultivo comercial de levaduras al ser incluido al 4% en el BMN. También se determinó en BMN secados al intemperie. Un segundo experimento consistió en determinar la respuesta que produce la suplementación con bloques multinutricionales y un cultivo de levaduras en las características de fermentación ruminal y digestibilidad *in situ* en vacas Holstein alimentadas con una mezcla de forraje de baja calidad.

5.1. Dureza de BMN (kg. cm⁻²) y viabilidad de un CL (UFC. g⁻¹) adicionado en el BMN

5.1.1. Fabricación de los BMN

Los BMN se fabricaron en forma rústica o artesanal, donde se utilizó un tanque metálico de 200 L cortado a un ¼ de su capacidad en el cual se incluyeron los ingredientes para su mezclado. De acuerdo a experiencias previas de fabricación, los BMN se elaboraron modificando la metodología sugerida por Sansoucy (1986). A excepción de la melaza, durante el proceso de fabricación la inclusión de cada ingrediente se hizo parcialmente y mezclándose en forma paulatina. La secuencia fue la siguiente: se redujo la viscosidad de la melaza mediante su calentamiento

en una hoguera rústica hasta alcanzar una temperatura aproximada de 50-55 °C; después de lo cual se retira de la hoguera y se adiciona y mezcla la urea hasta que los gránulos se disolvieron completamente. Posteriormente se mezclan secuencialmente la premezcla mineral, premezcla de harinas (harina de sorgo + harina de sangre), el cultivo de levadura (Yea-Sacc¹⁰²⁶®), el agente compactante (cemento portland) y finalmente premezcla de material absorbente y azufre (salvado de trigo + S).

5.1.2. Dureza de los BMN (kg. cm⁻²)

Debido a la influencia que tiene la dureza de los BMN en el consumo animal y a la importancia en la reducción del tiempo de fraguado para su posterior utilización, se procedió a la fabricación de pequeños bloques de alrededor de 0.6 kg de peso, los cuales fueron secados en estufa a 3 temperaturas diferentes (25, 40 y 55 °C) y 4 tiempos de exposición para el secado (24, 48, 72 y 96 h). La dureza de los BMN se midió con un equipo o máquina tipo Universal (Instron Universal Testing System, modelo 4469), el cual mide la dureza que presentan ciertos cuerpos o materiales a ser penetrados. El procedimiento consistió en hacer penetrar una aguja de ¼ de pulg.² de diámetro (0.4032 cm²), hasta 3 cm de profundidad en el BMN. Este equipo registró digital y gráficamente a través de un programa computacional la trayectoria y resistencia de penetración. Los datos obtenidos en Unidades Fuerza (Kilonewton, Kn) fueron transformadas a kg. cm⁻² multiplicando entre 102 factor, obtenido

del cociente de $1 \text{ Kn} = 1000 \text{ kg. m/s}^2$ entre la ley de la gravedad 9.81 m. s^{-2} (Anexo).

5.1.3. Unidades formadoras de colonias (UFC. g^{-1}) de *Saccharomyces cerevisiae* en el BMN

Se evaluaron las unidades formadoras de colonias (UFC. g^{-1}) del producto en su presentación comercial. La metodología utilizada consistió en tomar en condiciones asépticas 10 g de la muestra y disolverla en 90 ml de solución salina estéril (SSE 0.85% de NaCl; pH = 7) agitándose por 7-10 min. Posteriormente, se transfirió 1 ml de ésta solución a un tubo de ensaye con 9 ml de SSE, procedimiento que se realizó sucesivamente con el fin de obtener diluciones de 10^{-1} hasta 10^{-10} del producto. De estas diluciones seriadas (10^{-4} - 10^{-9}) se sembró por duplicado 0.5 ml en cajas de Petri estériles conteniendo Agar Papa Dextrosa (APD; Bioxon, Becton Dickison). Las cajas sembradas se incubaron a 37°C por 48 h, cumplido el tiempo de incubación se procedió al conteo de las UFC para cada dilución (UFC. ml^{-1}). Este mismo procedimiento se usó para cuantificar las UFC. g^{-1} en los BMN tratados a diferentes temperatura y días de secado; así como los secados a la intemperie a intervalos de 10 y 20 días.

5.1.4. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con un arreglo factorial 4×3 (4 tiempos de secado: 24, 48, 72 y 96 h; y 3 niveles

de temperatura: 25, 40 y 55 °C). El número de repeticiones por tratamiento fue 6 para completar un total de n= 72 observaciones. Para los BMN secados a la intemperie se usó un diseño completamente al azar.

5.1.5. Análisis de resultados

El análisis de resultados se realizó con el programa estadístico (SAS, 1985) mediante el procedimiento ANOVA (Análisis de Varianza) con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma S_j + \tau \cdot \gamma S_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde

Y_{ijk} = variable respuesta

μ = media del experimento

τ_i = efecto del i-ésimo nivel de temperatura (25, 40 y 55 °C)

γS_j = efecto del j-ésimo tiempo de secado (24, 48, 72 y 96 h)

$\tau \cdot \gamma S_{ij}$ = interacción del i-ésimo nivel de temperatura * el j-ésimo tiempo de secado

ε_{ijk} = error experimental.

Las diferencias entre tratamientos fueron analizadas mediante la prueba de comparación de medias de Tukey.

5.1.6. Variables de respuesta

Se determinó la dureza (kg. cm^{-2}) de los BMN a través de una máquina tipo Universal (Instron Universal Testing System, modelo 4469) y los cambios en la población (UFC. g^{-1}) de levaduras en los BMN por efecto de la temperatura y tiempo de secado.

5.2. Efecto de BMN y un CL en la fermentación ruminal y digestibilidad de nutrientes

5.2.1. Area experimental y características climáticas

El experimento se realizó en la granja experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Edo. de México; localizado en el kilómetro 38.5 de la carretera México-Texcoco. Los análisis químicos y microbiológicos se realizaron en los Laboratorios de Nutrición Animal y Microbiología del Departamento de Zootecnia de la misma Universidad. Según García (1981) las características geográficas y climáticas para la zona son las siguientes: altitud 2353 msnm, latitud $19^{\circ} 29' \text{ N}$, longitud $98^{\circ} 29' \text{ W}$, clima $\text{Cb(w1)(w)(i')} \text{ g}$.

5.2.2. Animales e instalaciones

Se utilizaron 4 vacas secas Holstein con un peso promedio de $600 \pm 95 \text{ kg}$ de PV con cánula ruminal, las cuales fueron vitaminadas y desparasitadas contra parásitos gastroentéricos con Levamisol al 12%

polivitaminado (PARMISOLE®) a una dosis de 1 ml. (20 kg)⁻¹ de PV y fueron alojadas en corraletas individuales donde se les proporcionó agua a libertad.

5.2.3. Alimentación

Las vacas fueron alimentadas con una mezcla de forrajes (52% de rastrojo de maíz y 48% de heno de alfalfa) la cual según NRC (1989), cumple con los requerimientos de energía y proteína para mantenimiento. Los aportes nutricionales del forraje se pueden observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química del forraje (Base seca, %)

Ingredientes	%
Rastrojo de maíz ¹	52
Heno de alfalfa ¹	48
Contenido nutricional	
Materia seca ²	88.8
Proteína Cruda ² , %	9.8
Energía Metabolizable ³ , Mcal/kg	1.9
Proteína degradable ³ , % del total de la PC	74.1
FDN ⁴ , %	53.3
FDA ³ , %	35.0
Ca ³ , %	0.97
P ³ , %	0.17

¹ Picado ± 3.0 cm.

² Analizado mediante técnica A.O.A.C. (1981).

³ Estimados según NRC (1989).

⁴ Analizado mediante técnica Van Soest (1980).

Por otro lado, se proporcionó un suplemento melaza-urea en forma de bloques multinutricionales con la adición de harina de sangre como fuente de proteína pasante con o sin la inclusión de 4% de CL como aditivo. La proporción de ingredientes y la composición química de los BMN son mostrados en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Ingredientes y composición química de los BMN (Base seca, %)

Ingredientes	Tratamientos	
	BMN ⁺ YS	BMN ⁻ YS
Melaza	35.0	39.0
Salvado de trigo	20.0	20.0
Harina de sangre	10.0	10.0
Urea	10.0	10.0
Cemento portland	10.0	10.0
Harina de sorgo	5.0	5.0
Premezcla mineral ¹	5.0	5.0
Yea-Sacc ¹⁰²⁶ ®	4.0	-
Flor de azufre	1.0	1.0
Contenido nutricional		
Materia seca ² , %	76.8	76.8
Proteína cruda ² , %	44.6	42.6
Energía Metabolizable ² , Kcal/kg	3.3	3.3
Fibra cruda ³ , %	2.5	2.5
Calcio ³ , %	0.3	0.3
Fósforo ³ , %	0.3	0.3
PDR ³ , %	34.7	33.6
PNDR ³ , %	9.9	9.0

¹ Contenido por kg: 18.95 gr de Ca, 2.50 gr de P, 0.70 gr de Mg, 5.0 gr de Na, 10.0 gr de Cl, 3.0 gr de K, 1.11 gr de S, 1800 mg de Mn, 815 mg de Fe, 1700 mg de Zn, 500 mg de Cu, 32.0 mg de I, 20.0 mg de Se, 10.0 mg de Co.

² Estimada mediante técnica A.O.A.C. (1981).

³ Estimados según NRC (1989).

5.2.4. Tratamientos

Las Unidades Experimentales fueron asignadas aleatoriamente a uno de 4 tratamientos obtenidos por la combinación de los factores forraje, BMN y CL (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos y claves asignadas

Tratamiento	Forraje	BMN	CL
BMN ^{+YS}	+	+	+
BMN ^{-YS}	+	+	-
YS	+	-	+
T*	+	-	-

* Forraje o testigo

Al BMN^{+YS} se le incorporó 4% de CL. Previo a la alimentación matutina de las 9:00 A.M. a los animales del tratamiento tres se les introdujo diariamente 10 g de *Saccharomyces cerevisiae*¹⁰²⁶ envuelto en papel de estraza por vía cánula ruminal.

5.2.5. Determinación de bacterias ruminales anaeróbicas totales (Log₁₀ UFC. ml⁻¹)

Se procedió a contabilizar los aneróbios totales mediante la técnica tubo rolado de Hungate (1951; citado por Ogimoto y Imai, 1981). La composición del medio de cultivo utilizado para la incubación de los microorganismos anaeróbicos totales (MAT) se indica en el Cuadro 4. El medio fue esterilizado en autoclave a 15 lbs de presión (121°C) por 20 min

y posteriormente, fue burbujeada continuamente con una corriente de gas CO_2 . De esta dilución final se tomaron 9 ml y se colocaron en tubos de ensayo esterilizados y siempre proporcionando una corriente de gas CO_2 para mantener ambiente anaeróbico. Se tomó 1 ml de muestra de líquido ruminal y se realizaron diluciones decimales seriadas hasta 10^{-9} . Posteriormente, se procedió a rodar los tubos en agua fría hasta lograr que el medio se solidificara en las paredes del tubo. Luego se incubaron durante 48 h a temperatura de 37°C .

Cuadro 4. Composición del medio de cultivo para la incubación de microorganismos ruminales anaeróbios totales (MAT) y celulolíticos en caldo de celulosa (MCC).

Composición	MAT	MCC
Solución mineral I ^a	5.0 ml	5.0 ml
Solución mineral II ^b	5.0 ml	5.0 ml
Fluido ruminal clarificado estéril ^c	30.0 ml	30.0 ml
Extracto de levadura	0.1 g	0.1 g
Peptona de soya	0.2 g	-
Resazurina, solución al 0.1%	0.1 ml	0.1 ml
Glucosa	0.2 g	-
Celobiosa	0.2 g	-
Almidón	0.2 g	-
Agar	2.0 g	-
Solución de L-Cisteina-HCl.Na ₂ S ^d	2.5 ml	2.5 ml
Solución de Na ₂ CO ₃ estéril, 8.0% ^e	5.0 ml	5.0 ml
L-Cisteina-HCl.Na ₂ S	-	0.3 g
Agua destilada	-	100.0 ml
Celulosa (trozo papel, 0.5 x 3 cm)	-	1

^{a)} Solución mineral I estéril de (Bryant & Burkey, 1953): 0.6 g de K₂HPO₄ disueltos en 100 ml de H₂O destilada.

^{b)} Solución mineral II estéril de (Bryant & Burkey, 1953): 1.2 g de NaCl; 1.2 g de (NH₄)₂SO₄; 0.6 g de KH₂PO₄; 0.12 g de CaCl₂; 0.25 g de MgSO₄.7H₂O disueltos en 100 ml de agua destilada.

^{c)} Centrifugado a 20x10³ Revoluciones/minuto (RPM) por espacio de 25 min; esterilizado en autoclave y recentrifugado.

^{d)} Preparada mediante la siguiente dilución: 2.5 g de L-Cisteina-HCl.H₂O completados con 50 ml de agua destilada; se ajustó el pH entre 9.0-10.0 con solución de NaOH al 10%. Posteriormente, se adicionaron 2.5 g de Na₂S.9H₂O previamente disuelto en 50 ml de H₂O y 0.1 ml de solución resazurina al 0.1%. Luego se procedió a calentamiento hasta que el indicador resazurina cambió de color rosa a incoloro (medio reducido). De esta dilución se colocaron 10 ml en tubos de ensayo con tapón de rosca y se le traspasó una corriente de gas CO₂; se sellaron y se procedió a esterilización en autoclave a 15 lbs de presión y temperatura de 121°C por espacio de 20 min.

^{e)} Esterilizada en autoclave a 15 lbs de presión y temperatura de 121°C por espacio de 20 min.

5.2.6. Determinación del número más probable de bacterias celulolíticas en el fluido ruminal (Log₁₀ del número más probable. ml⁻¹)

Para enumerar las bacterias celulolíticas se utilizó el procedimiento del número más probable en caldo con celulosa después de ser incubadas a 37 °C por espacio de 4 días. El medio de cultivo utilizado para la

incubación de microorganismos celulolíticos (MCC) fue el de Latham y Wolin (1978; citado por Ogimoto y Imai, 1981) modificado (Cuadro 4). De este medio de cultivo (MCC) se tomaron 9 y 4.5 ml y se colocaron en tubos de ensayo previamente esterilizados con fragmentos de papel filtro estéril (0.5x3 cm) siempre proporcionando una corriente de gas CO₂ para mantener ambiente anaeróbico. Posteriormente se inocularon los medios con muestra de líquido ruminal y se realizaron diluciones decimales de la misma forma descrita anteriormente. Después de la incubación a 37 °C, se observó diariamente durante 4 días el proceso degradativo de la celulosa. Las observaciones de la degradación de la celulosa fueron denominadas como no degradadas (0) y degradadas total (1) cuando el papel no perdía consistencia o se pulverizaba respectivamente.

5.2.7. Consumo de forraje y BMN

Se mantuvo un régimen alimenticio *ad libitum* durante todo el período experimental (60 d), ofreciéndose la alimentación 2 veces por día (9:00 y 16:00) y agua limpia permanentemente. Para los tratamientos con BMN se mantuvieron éstos en forma continua durante el período de adaptación (10 d) y durante el muestreo (5 d). Diariamente se pesó el consumo tanto de la dieta como de los BMN mediante la diferencia de la cantidad ofrecida menos la rechazada.

5.2.8. Determinación de metabolitos del fluido ruminal

5.2.8.1. pH

Se extrajeron 25 ml de muestra de contenido ruminal de la parte dorsal y ventral del rumen vía cánula ruminal a las 3, 6, 9 y 12 h postprandial. El fluido ruminal se filtró con gasa en cuatro dobleces y se le midió el pH con un potenciómetro portátil (Cole-Parmer, modelo 05669-20) previamente calibrado con solución buffer de pH 4 y 7. De igual forma, se leyó el pH del fluido ruminal de la parte dorsal del rumen, para esto se exprimió y filtró el material fibroso alojado en dicho compartimento. Previo a cada lectura del filtrado se procedió a lavar el electrodo del potenciómetro con agua destilada y se secó con papel absorbente.

5.2.8.2. Nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$)

Se determinó según la técnica de McCullough (1967) modificada. A partir de las muestras obtenidas para medir el pH, se formó una submuestra de 8 ml mediante mezclado de una fracción igual (1:1) de las muestras provenientes de la parte dorsal y ventral del rumen. Las submuestras (8ml) se mezclaron con 2 ml de ácido metafosfórico al 25% y se dejó reposar por 30 min en baño de agua a temperatura ambiente y posteriormente se refrigeró a 5 °C para su análisis posterior. Las muestras se centrifugaron a 2000 rpm durante 10 min. Del sobrenadante se tomaron

20 μl y se transfirieron a tubos de 10 ml donde se les adicionó 1 ml de una solución compuesta de fenol (10 g) y de nitroprúvida sódica (50 mg) disueltos en un litro de agua destilada; posteriormente se agregó 1 ml de hipoclorito basificado (7.5 g de NaOH; 15 ml de hipoclorito de sodio, 10-14%) y 5 ml de agua destilada. La mezcla se colocó a 37 °C en un Baño María por espacio de 30 min hasta observar el cambio de coloración de transparente a azul tenue, luego se agitó con un vortex y se midió la absorbancia a 620 nm. Para esto, se utilizó un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible (VARIAN, modelo CARY 1-E, con integrador de datos STAR). Se utilizó un blanco de referencia formado de 1 ml de fenol, 1 ml de hipoclorito de sodio y 5 ml de agua destilada. También se corrió una curva estándar de NH_4Cl (3.82 g. L^{-1}) compuesta de 2.5, 5, 10, 15 μl diluidas a volumen de 100 ml, éstos equivalen a la concentración de N- NH_3 expresados como mg. dl^{-1} .

5.2.8.3. *Acidos grasos volátiles (AGV)*

Del sobrenadante de la muestra correspondiente a las 6 h postprandial usada para la determinación de N- NH_3 se tomó 1 μl de líquido sobrenadante y se inyectó con jeringa Hamilton en un cromatógrafo de gas. El equipo utilizado fue: cromatógrafo de gas Varian (modelo 3700), detector de ionización de flama y columna de acero inoxidable de dos metros de longitud por 1/8 de diámetro interno, empacada con FFAP (Free Fat Acid Phase) al 15%. Las condiciones de

trabajo del equipo utilizado fueron las siguientes: temperatura del horno de la columna 130 °C, temperatura del detector 190 °C, temperatura del inyector 180 °C, flujo de aire 300 ml. min⁻¹, flujo de hidrógeno 30 ml. min⁻¹ y flujo de gas de acarreo (N) 30 ml. min⁻¹.

Las lecturas de ácidos grasos se registraron en un programa para computadora personal, calibrado con una solución estándar (mmol. L⁻¹) de acético:propiónico:butírico (64:32:16). Las concentraciones se reportaron en mmol. L⁻¹ de líquido ruminal (Erwin *et al.*, 1961).

5.2.9. Degradación *in situ* (% de desaparición) de la MS del forraje

Se utilizó la técnica descrita por Mehrez y Ørskov (1977). Para lo cual se elaboraron bolsas de poliseda, con un tamaño promedio de poro de 45 µm. La tela de poliseda se cortó con un cautín eléctrico en fragmentos cuadrados (15 x 15 cm) los cuales se doblaron a la mitad y los bordes se sellaron con silicón dejando libre uno. Las bolsas terminadas tenían una superficie aproximada de 15 x 7.5 cm por cara de la bolsa. Las bolsas se identificaron y se secaron a temperatura de 60 °C por espacio de 48 h y posteriormente se pesaron a peso constante. Por otro lado, el forraje se molió en un molino Willey con tamaño de criba de 2 mm y se colocaron 5 g de este material dentro de cada bolsa con el fin de tener una relación de 0.04 g. cm⁻² de bolsa. Estas se cerraron con hilo nylon y se sujetaron a una cadena metálica para su incubación ruminal. Las bolsas con muestra humedecidas, se introdujeron al rumen. En cada animal se introdujeron 16

bolsas, las cuales se fueron extrayendo por duplicado a las 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h de incubación. Las bolsas se lavaron continuamente con agua limpia a temperatura ambiente hasta que el agua escurrida fuera lo más clara posible y posteriormente fueron tendidas en un lugar soleado por espacio de 48 h para escurrir el exceso de humedad. Las bolsas fueron secadas completamente en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 h y se pesaron hasta peso constante.

5.2.10. Degradación *in situ* (% de desaparición) de la fibra detergente neutro (DISFDN) del forraje

La técnica empleada para la determinación de la fibra insoluble en detergente neutro fue la descrita por Van Soest (1980). Se tomaron por duplicado submuestras de las bolsas utilizadas para la DIMS para los tiempos de 12, 24, 48 y 72 h de incubación.

Se tomaron pesos entre 0.38-0.42 g de submuestras y se colocaron en un tubo de 100 ml al que se le agregó 40 ml de detergente neutro y se colocó a ebullición por espacio de 1 h, después que éstas alcanzaron el punto de ebullición se filtraron en papel de filtro Whatman N° 541 previamente secados y pesados a peso constante. Este filtrado se secó en estufa de aire forzado a temperatura de 60 °C por espacio de 48 h y se pesaron a peso constante.

5.2.11. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un Cuadrado Latino 4 x 4.

5.2.12. Análisis de resultados

El análisis de resultados se realizó con el programa estadístico (SAS, 1985) mediante el procedimiento GLM para análisis de varianza con el siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + c_j + r_k + \varepsilon_{ijk}$$

donde

y_{ijk} = variable respuesta

μ = media del experimento

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

c_j = efecto de la j-ésima columna

r_k = efecto de la k-ésima hilera

ε_{ijk} = error experimental.

Las diferencias entre tratamientos fueron analizadas mediante la prueba de contrastes ortogonales (Steel y Torrie, 1984): bloques vs testigo (I), bloques vs levadura (II), bloque con levadura vs bloque sin levadura (III).

5.2.13. Variables de respuesta

Estas fueron: consumo de materia seca del forraje y de BMN (kg. d⁻¹

¹; g/Kg PV^{0.75}), degradabilidad *in situ* de la MS del forraje (Mehrez y Ørskov, 1977), degradabilidad *in situ* de la FDN del forraje (Van Soest, 1980), medición de pH del fluido ruminal con potenciómetro portátil (Cole-Parmer, modelo 05669-20), concentración de N-NH₃ (mg. dl⁻¹) en el fluido ruminal por método colorimétrico (McCullough, 1967), concentración de AGV (mmol. L⁻¹) en el fluido ruminal por cromatografía de gases (Erwin *et al.*, 1961), cambios en la población (Log₁₀ UFC. ml⁻¹) de bacterias anaeróbicas totales en el fluido ruminal (Hungate, 1951) y cambios en la población (Log₁₀ del número más probable. ml⁻¹) de bacterias celulolíticas totales en el fluido ruminal (Latham y Wolin, 1978).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Concentración de levaduras (UFC. g⁻¹) en el producto comercial (Yea-Sacc¹⁰²⁶®)

El cultivo de levadura tipo comercial contenía 2.5×10^9 UFC. g⁻¹. La población mínima especificada por el fabricante de Yea-Sacc¹⁰²⁶® es de: 1×10^8 UFC. g⁻¹, lo que indica que se encontraron 24 unidades por encima de la unidad mínima indicada en la etiqueta del producto. Por esta razón, las UFC mínimas proporcionadas diariamente al tratamiento tres fueron del orden de 2.5×10^{10} .

6.2. Dureza de los BMN (kg. cm⁻²)

La dureza de los BMN incrementó en función del tiempo y de la temperatura de secado. Con respecto al tiempo de secado la dureza (kg. cm⁻²) alcanzada fue similar ($P > .05$) a las 24 (2.09 ± 1.68), 48 (2.91 ± 2.30) y 72 h (4.22 ± 3.74) y fue mayor ($P < .05$) a las 96 h (6.32 ± 5.97) (Cuadro 5; figura 1). En relación a la dureza alcanzada por los BMN por efecto de la temperatura, fue similar ($P > .05$) a los 25 (1.57 ± 0.78) y 40 °C (3.17 ± 2.55) y fue superior ($P < .05$) a los 55 °C (6.92 ± 5.28). Los bloques secados a la intemperie deben durar aproximadamente 15 días (Ayala, 1990) en reposo en un lugar fresco, sombreado y ventilado para que el fraguado parcial permita realizar el manipuleo; además, debe completarse un período de alrededor de 30 días hasta que éstos hayan

adquirido la compactación adecuada y puedan suministrarse a los animales (Sansoucy, 1986). El BMN secado a 55 °C durante 48 h de secado tuvo una dureza (5.23 kg. cm⁻²) similar a la (5-6 kg. cm⁻²) considerada por (Sansoucy, 1986) como la adecuada para garantizar una solidez suficiente que limiten la ingestión excesiva, pero que no impidan un consumo conveniente de alrededor de 0.70 kg. d⁻¹ para un bovino adulto. Este punto de vista debe considerarse para las zonas con alta humedad relativa y sobre todo si el tiempo de almacenamiento es prolongado (Birbe *et al.*, 1994). El Cuadro 5 señala que la dureza alcanzada por los BMN secados durante 48 h a 55 °C fue adecuada (5.23 kg. cm⁻²) lográndose un ahorro en el fraguado de 28 días. Sin embargo, no se utilizó este tratamiento debido a que la población de levaduras vivas en el BMN fue nula (Cuadro 6). Por el contrario, se usó el BMN secado a 40 °C por espacio de 96 h debido a que la dureza (5.82 kg. cm⁻²) fue próxima a la recomendada (5-6 kg. cm⁻²) por (Sansoucy, 1986) y además la población de levaduras vivas en los BMN fue de $\leq 1.0 \times 10^4$. Por otra parte, los BMN secados a la intemperie mostraron incrementos significativos ($P < .05$) al evaluarse la dureza a intervalos de 10 d (Cuadro 7). Los BMN fraguaron paulatinamente hasta alcanzar a los 40 días una dureza de 8.87 kg. cm⁻² y exceder la recomendada por (Sansoucy, 1986). Esta situación sugiere que el fraguado de los BMN sigue incrementándose al avanzar los días postelaboración.

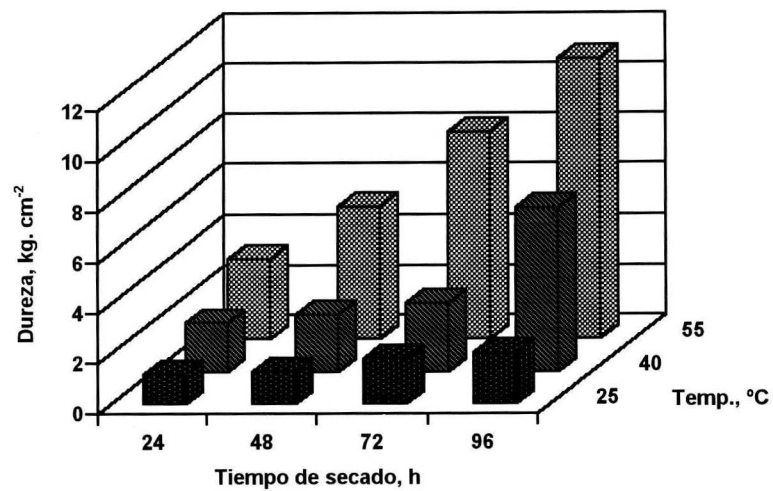


Figura 1. Efecto del nivel de temperatura (°C) y tiempos de secado (h) en la dureza (kg. cm⁻²) de BMN.

Cuadro 5. Efecto del nivel de temperatura (°C) y tiempo de secado (h) en la dureza (kg. cm⁻²) de BMN

Variables	Tiempo de secado (h)				Media ± DE
	24	48	72	96	
Temperatura (°C)					
25	1.19	1.27	1.78	2.04	1.57 ^b ± 0.78
40	1.93	2.24	2.70	5.82	3.17 ^b ± 2.55
55	3.16	5.23	8.18	11.09	6.92 ^a ± 5.28
Media ± DE	2.09 ^b ± 1.68	2.91 ^b ± 2.30	4.22 ^{ab} ± 3.74	6.32 ^a ± 5.97	

a,b,c Dentro de la hilera y la columna, los promedios sobreescritos con literales distintas difieren estadísticamente (P < .05); n=6.

Cuadro 6. Efecto del nivel de temperatura (°C) y tiempos de secado (h) en las UFC. g⁻¹ de levaduras incluidas en los BMN

Tiempo de secado (h)	Nivel de temperatura (°C)		
	25	40	55
24	$\leq 8.4 \times 10^7$	$\leq 1.3 \times 10^7$	-
48	$\leq 1.8 \times 10^7$	$\leq 3.5 \times 10^5$	-
72	$\leq 8.5 \times 10^6$	$\leq 3.3 \times 10^4$	-
96	$\leq 1.0 \times 10^5$	$\leq 1.0 \times 10^4$	-

Cuadro 7. Dureza (kg. cm⁻²) de BMN secados a la intemperie (lugar fresco y sombreado)

Días postelaboración	Dureza (kg. cm⁻²)	EE
10	2.39 ^c	0.03
20	4.89 ^b	0.17
40	8.87 ^a	0.03

^{a,b,c} Dentro de la columna, los promedios sobreescritos con literales distintas difieren estadísticamente ($P < .05$); $n=4$.

6.3. Concentración de levaduras (UFC. g⁻¹) en los BMN durante el secado al intemperie y con temperatura controlada

De acuerdo con la concentración de UFC. g⁻¹ encontradas en el producto comercial (2.5×10^9) y a la proporción de levadura (4%) incluida en el BMN, éste debiera contener una población de los 4×10^{11} UFC. kg⁻¹. En el Cuadro 6 se indica que la población de levaduras en el BMN a las 24 h de exposición a 25 y 40 °C es de: $\leq 8.4 \times 10^7$ y $\leq 1.3 \times 10^7$ UFC. g⁻¹

respectivamente; lo que muestra que los BMN tendrían una población aproximada de: 3.36×10^9 y 5.2×10^8 UFC. kg^{-1} , cantidades que están por debajo de la población estimada de (4×10^{11} UFC. kg^{-1}). Estos resultados señalan que el fraguado del BMN causó una merma considerable de la población de levadura a partir de las 24 h postelaboración, acrecentándose esta situación a medida que avanzaron los días postelaboración. Este efecto se potencializó en función de la temperatura, donde las UFC. g^{-1} disminuyeron paulatinamente a 25 ó 40 °C a medida que avanzó el tiempo de exposición (h); mientras que a 55 °C, la población de levaduras fue nula (Cuadro 6). De hecho los conteos de UFC. g^{-1} en los BMN secados a la intemperie corroboran esta afirmación. Al primer día postelaboración los BMN contenían 1.5×10^9 UFC. g^{-1} ; sin embargo, a los 10 d la población fue mermando llegando a obtenerse una población de levaduras viables del orden de 1.5×10^6 UFC. g^{-1} y a los 20 días postelaboración no se halló crecimiento en el intervalo de las diluciones sembradas, por lo que se considera que la población de levaduras vivas fue nula. Estos resultados pueden estar relacionados con los señalamientos de Birbe *et al.* (1994) quienes indicaron que los cinco constituyentes principales del BMN (carbohidratos, proteínas, enzimas, lípidos y minerales) pueden determinar la tendencia del BMN a experimentar cambios químicos después de la elaboración y durante el almacenamiento. Las reacciones químicas originadas por el mezclado de los componentes nutricionales y aglomerantes del BMN, pudieron ocasionar efectos nocivos

o tóxicos que imposibilitaron la supervivencia de la levadura incluida en el BMN de este experimento. Por ejemplo, la reacción de la ureasa proveniente del material vegetal y que desdobla el enlace NH_2 de la urea, libera bases de amonio e incrementa el pH; además la inclusión de sales minerales y compactantes tienen función inhibidora en el crecimiento de algunos microorganismos, por la reducción de la actividad acuosa de la mezcla y en parte al efecto inhibidor de las sales. Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren baja o ninguna viabilidad de las levaduras en el BMN, posiblemente por la presencia de reacciones químicas o físicas generadas a través del mezclado y/o fraguado de los componentes del BMN. La baja o nula viabilidad de las levaduras a los pocos días de elaboración de los BMN limitan la posibilidad de incluir este aditivo para un uso práctico, debido a que una de las ventajas de los BMN es su fácil manejo y posibilidad de almacenamiento.

6.4. Consumo de materia seca del forraje y de BMN

Los BMN no mostraron efecto ($P > .05$) en el consumo de MS del forraje (Cuadro 8) en base a peso y peso metabólico respectivamente; sin embargo, al evaluar los consumos totales de MS (F+BMN) en base a peso y a peso metabólico observamos que los BMN al ser comparados con T, el $\text{BMN}^{+\text{YS}}$ tendió ($10.54 \text{ BMN}^{+\text{YS}}$, $9.56 \text{ BMN}^{-\text{YS}}$ vs 9.61 T ; $P = .15$) a incrementar el consumo de MS; mientras que $\text{BMN}^{-\text{YS}}$ causó un efecto contrario. El consumo de MS total en base a peso metabólico tendió al

mismo comportamiento (82.30 BMN^{+YS} , 74.60 BMN^{-YS} vs 75.14 T ; $P = .16$). La tendencia de BMN^{+YS} a un mayor consumo de forraje puede estar relacionado con un estímulo superior en la tasa de digestión inicial de la MS del forraje, posiblemente por un incremento en la población de microorganismos celulolíticos en el ambiente ruminal como resultado de la inclusión de CL en BMN^{+YS} . Varios estudios han mostrado incrementar la población de bacterias celulolíticas de animales suplementados con CL (Dawson y Newman, 1987; Wiedmeier *et al.*, 1987; Harrison *et al.*, 1988). En este estudio el incremento de BMN^{+YS} en la tasa de digestión inicial de la MS, pudo conducir a un mayor consumo debido a un incremento en la tasa de desalojo del rumen, lo cual es confirmado por la reducción en la digestibilidad de la MS a partir de las 48 h de incubación (Cuadro 13). Los CL han sido relacionados con mayores consumos de MS e incrementos en la tasa de desalojo del rumen, lo cual reduce el potencial de degradación de los alimentos (Williams *et al.*, 1991). Entre ambos BMN hubo diferencias en el consumo de MS a favor de BMN^{+YS} tanto para el consumo de MS del forraje (9.85 BMN^{+YS} vs 9.02 BMN^{-YS} ; $P < .02$) y MS total (10.54 BMN^{+YS} vs 9.56 BMN ; $P < .007$) respectivamente. Esta situación fue similar al evaluar el consumo de MS del forraje (76.94 BMN^{+YS} vs 70.29 BMN^{-YS} ; $P < .01$) y el de la MS total (82.30 BMN^{+YS} vs 74.60 BMN^{-YS} ; $P < .006$) en base a peso metabólico. Resultados similares fueron obtenidos por Flores (1996) quien al suplementar con BMN al 4% de CL incrementó el consumo de BMN, aunque no se evaluaron los

consumos de MS de forraje para animales en pastoreo. Es posible que debido a este incremento en el consumo total (MS del forraje y BMN) y a un mayor contenido de proteína en $\text{BMN}^{+\text{YS}}$ proveniente del CL, el $\text{BMN}^{+\text{YS}}$ respecto a $\text{BMN}^{-\text{YS}}$ presentó un mayor ingreso al rumen de nitrógeno total (NT) (0.305 vs 0.285 g. d⁻¹), nitrógeno no proteínico (NNP) (0.195 vs 0.155 g. d⁻¹) y sobre todo proteína verdadera (PV) (0.110 vs 0.077 g. d⁻¹). Los CL tienen potencial como suplemento por la proteína que contienen (51%) (NRC, 1984); además, de la fuente de N de fácil utilización para los microorganismos del rumen. Un mayor flujo de proteína proveniente del rumen ha sido comprobado en animales suplementados con CL (Williams *et al.*, 1990; Erasmus *et al.*, 1992).

También animales suplementados con CL han mostrado mayor flujo diario de nitrógeno microbiano lo cual ha sido comprobado mediante evaluación de la excreción diaria de purina en la orina (Chen *et al.*, 1990). Por estas razones, los nutrientes del $\text{BMN}^{+\text{YS}}$ más la proteína y factores de crecimiento del CL pudieron favorecer el ambiente ruminal para una mejor tasa inicial de fermentación. Por otra parte, la tendencia de $\text{BMN}^{-\text{YS}}$ a reducir el consumo de MS es semejante a los resultados obtenidos por Schiere *et al.* (1989) quienes hallaron una reducción en el consumo de MS de la paja de trigo al suplementar con BMN a bovinos en crecimiento. El $\text{BMN}^{-\text{YS}}$ con respecto a T presentó un coeficiente de sustitución de 0.12 g/kg PV^{0.75} en el consumo de forraje por cada g/kg PV^{0.75} de $\text{BMN}^{-\text{YS}}$ consumido.

Cuadro 8. Efecto de la suplementación con BMN y YS en el consumo de MS de vacas alimentadas con forraje

Variables	Tratamientos					Contrastes ¹		
	BMN ⁺ YS	BMN ⁻ YS	YS	T	EE	I	II	III
Consumo de MS del forraje (kg. d ⁻¹)	9.85	9.02	10.04	9.61	0.71	0.56	0.04	0.02
Consumo de MS total (kg. d ⁻¹)	10.54	9.56	10.04	9.61	0.71	0.15	0.98	0.007
Consumo de MS del BMN (kg. d ⁻¹)	0.683	0.545	-	-	0.12	-	-	-
Consumo de MS del BMN (g/kg PV ^{0.75})	5.37	4.32	-	-	0.12	-	-	-
Consumo de MS del forraje (g/kg PV ^{0.75})	76.94	70.29	78.09	75.14	5.45	0.52	0.06	0.01
Consumo de MS total (g/kg PV ^{0.75})	82.30	74.60	78.09	75.14	5.50	0.16	0.88	0.006

¹ Contrastes de medias: I bloques vs testigo; II bloques vs levadura; III bloque con levadura vs bloque sin levadura (Probabilidad).

En contraste, otros estudios con BMN han favorecido positivamente el consumo de MS (Messenger *et al.*, 1971; Sudana y Leng, 1986; Tiwari *et al.*, 1990; Garg y Gupta, 1993). Posiblemente, estos efectos puedan estar relacionado con la calidad y el tipo de dieta, puesto que, según Pearce (1973), el efecto positivo de los BMN en la tasa de degradación de la MS y del contenido de la pared celular es más evidente cuando la calidad de la dieta es más pobre.

El YS con respecto a los BMN presentó incremento significativo en el consumo de MS del forraje (9.85 BMN^{+YS} , 9.02 BMN^{-YS} vs 10.04 YS ; $P < .04$), siendo el comportamiento semejante en base a peso metabólico (76.94 BMN^{+YS} , 70.29 BMN^{-YS} vs 78.08 YS ; $P < .06$). Sin embargo, al contrastar el consumo de MS total no se presentaron diferencias en base a peso (10.54 BMN^{+YS} , 9.56 BMN^{-YS} vs 10.04 YS ; $P > .05$) y peso metabólico (82.30 BMN^{+YS} , 74.60 BMN^{-YS} vs 78.09 YS ; $P > .05$) respectivamente.

6.5. pH en el fluido ruminal

Los BMN y la levadura no promovieron cambios significativos ($P > .05$) en el pH (Cuadros 9 y 10). Sin embargo, a las 9 h postprandial en la parte dorsal del rumen se observó tendencia de BMN^{+YS} a disminuir el pH en comparación con BMN^{-YS} (5.78 vs 6.33 ; $P = .12$); manteniéndose este comportamiento a las 12 h (5.86 BMN^{+YS} vs 6.27 BMN^{-YS} ; $P = .12$). Probablemente, este efecto pueda estar relacionado con un mayor ingreso

de carbohidratos rápidamente fermentables provenientes de la melaza, harina de sorgo y además de la fuente adicional de proteína. Posiblemente, durante este período hubo una disminución de la actividad celulolítica en el rumen lo cual repercutió en la degradación de la MS pasadas las 48 h de incubación. Dietas basadas en forraje y suplementadas con fuentes de carbohidratos rápidamente disponible como pueden ser los azúcares de la melaza han sido relacionados con una baja en el pH del fluido ruminal y una disminución en la digestibilidad de la fibra como resultado de un efecto asociativo negativo de la fuente de energía sobre la digestibilidad del forraje (Mould *et al.*, 1983). En este experimento la disminución en el pH puede estar relacionado con un mayor incremento de AGV totales (Cuadro 12) originados por la fermentación de los esqueletos carbonados provenientes de la proteína del CL, como también a posibles incrementos en la proporción molar de isoácidos, como los reportados por Sudana y Leng (1986) al suplementar ovejas con bloques melaza-urea y harina de algodón como proteína pasante. Los valores de pH reportados por Flores (1996) al suplementar toros de Lidia con BMN con CL al 2 y 4% no fueron significativos; sin embargo, a las 9 h postprandial se obtuvieron los valores de pH más bajos, favoreciendo la inclusión de un 4% de CL. Como puede apreciarse en el Cuadro 9, los valores de pH en la parte dorsal fueron numéricamente menores en los tratamientos con cultivos de levaduras, pero no hubo diferencia estadística ($P > .05$). En la parte ventral (Cuadro 10) se observó un efecto contrario donde los valores de

pH fueron numéricamente mayores en los tratamientos con levaduras, pero sin ningún efecto ($P > .05$). Las diferencias opuestas en los valores de pH en los distintos compartimentos del rumen pueden ser explicados por los señalamientos de Church (1993) quien atribuyó los cambios de pH al consumo de urea. Esta al hidrolizarse en el rumen provoca que el amoníaco liberado incremente el pH y por consiguiente aumente la concentración y absorción de este ión, el cual se encuentra en menor concentración en la materia flotante que en el líquido libre del rumen. Para el caso específico de YS, esta no afectó los valores de pH con respecto a los BMN. Varios estudios han demostrado que los CL no afectan los valores de pH ruminal (Ayala, 1994; Carro *et al.*, 1992b; Malcom y Kiesling, 1990) lo cual coincide con este estudio; sin embargo, otros han mostrado incremento (Williams *et al.*, 1991) y en otros se observó cierta disminución (Corona, 1996; Harrison *et al.*, 1988; Mutsvangwa *et al.*, 1992).

Cuadro 9. Cambios en el pH del fluido ruminal en la parte dorsal del rumen en vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS.

Tiempo postprandial (h)	Tratamientos					Contrastes¹		
	BMN^{+YS}	BMN^{-YS}	YS	T	EE	I	II	III
3	6.27	6.48	6.44	6.55	0.15	0.38	0.75	0.39
6	6.24	6.37	6.21	6.34	0.18	0.85	0.70	0.64
9	5.78	6.33	6.08	6.26	0.21	0.46	0.93	0.12
12	5.86	6.27	6.16	6.19	0.16	0.57	0.67	0.12
Media	6.04	6.36	6.22	6.34	0.16	0.17	0.84	0.007

¹ Contrastes de medias: I bloques vs testigo; II bloques vs levadura; III bloque con levadura vs bloque sin levadura (Probabilidad).

Cuadro 10. Cambios en el pH del fluido ruminal en la parte ventral del rumen en vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS.

Tiempo postprandial(h)	Tratamientos					Contrastes¹		
	BMN^{+YS}	BMN^{-YS}	YS	T	EE	I	II	III
3	6.74	6.71	6.72	6.68	0.93	0.58	0.95	0.74
6	6.74	6.71	6.74	6.77	0.08	0.67	0.84	0.80
9	6.85	6.76	6.83	6.66	0.08	0.21	0.82	0.49
12	6.62	6.53	6.72	6.58	0.12	0.96	0.38	0.62
Media	6.74	6.68	6.75	6.67	0.07	0.47	0.35	0.29

¹ Contrastes de medias: I bloques vs testigo; II bloques vs levadura; III bloque con levadura vs bloque sin levadura (Probabilidad).

6.6. Nitrógeno amoniacal (N-NH₃) en el fluido ruminal

A las 3 h postprandial se presentaron las concentraciones más elevadas de nitrógeno amoniacal, donde los BMN tuvieron mayores incrementos en comparación con T (9.07 BMN^{+YS}, 8.44 BMN^{-YS} vs 3.49 T; $P < .0001$) (Cuadro 11; figura 2). En los tiempos postprandiales sucesivos, las concentraciones amoniales disminuyeron paulatinamente, pero se mantuvieron siempre más altas en los BMN con respecto a T a las 6 h (8.01 BMN^{+YS}, 8.63 BMN^{-YS} vs 2.61 T; $P < .0001$), 9 h (7.35 BMN^{+YS}, 7.21 BMN^{-YS} vs 2.36 T; $P < .0001$) y 12 h (4.19 BMN^{+YS}, 4.48 BMN^{-YS} vs 1.03 T; $P < .0008$) respectivamente. También los BMN mantuvieron mayor concentración de amoniaco con respecto a YS a las 3 h postprandial (9.07 BMN^{+YS}, 8.44 BMN^{-YS} vs 5.63 YS; $P < .003$), 6 h (8.01 BMN^{+YS}, 8.63 BMN^{-YS} vs 3.60 YS; $P < .0001$), 9 h (7.35 BMN^{+YS}, 7.21 BMN^{-YS} vs 3.46 YS; $P < .0001$) y 12 h (4.19 BMN^{+YS}, 4.48 BMN^{-YS} vs 2.70 YS; $P < .06$) respectivamente. Para ambos BMN no hubo diferencia ($P > .05$) en la concentración amoniacal en ninguno de los tiempos. Los incrementos en la concentración de amoniaco en el fluido ruminal son semejantes a los reportados por Habib *et al.* (1991) quienes al suplementar becerros con BMN obtuvieron una concentración de 9.3 mg. dl⁻¹. Los resultados obtenidos en este experimento indican que la concentración de amoniaco en rumen es similar al intervalo de 5-8 mg. dl⁻¹ señalado por Satter y Slyter (1974) como el deseable para soportar un crecimiento microbial máximo. Hunter y Siebert (1985) indicaron que dietas con forraje de baja

Cuadro 11. Efecto de la suplementación con BMN y YS en la concentración de N-NH₃ (mg. dl⁻¹) en el fluido ruminal de vacas alimentadas con forraje.

Tiempo postprandial(h)	Tratamientos					Contrastes¹		
	BMN^{+YS}	BMN^{-YS}	YS	T	EE	I	II	III
3	9.07	8.44	5.63	3.49	1.12	0.0001	0.003	0.57
6	8.01	8.63	3.60	2.61	1.20	0.0001	0.0001	0.61
9	7.35	7.21	3.46	2.36	0.67	0.0001	0.0001	0.83
12	4.19	4.48	2.70	1.03	0.97	0.0008	0.06	0.76
Media	7.15	7.19	3.84	2.37	1.25	0.0001	0.0001	0.96

¹ Comparación de medias: I bloques vs testigo; II bloques vs levadura; III bloque con levadura vs bloque sin levadura (Probabilidad).

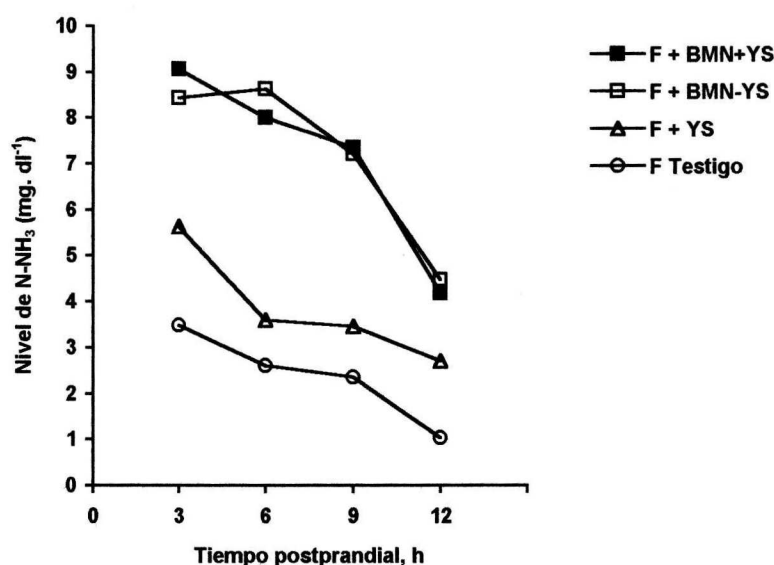


Figura 2. Cambios en la concentración de N-NH₃ (mg. dl⁻¹) en el fluido ruminal de vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS.

calidad la concentración mínima de amoníaco para sostener una máxima tasa de digestión debe estar entre 6-8 mg. dl⁻¹; mientras que Hoover (1986) señaló que para alcanzar una tasa máxima de crecimiento microbial y una mayor digestibilidad de la materia orgánica es necesario garantizar una concentración de amoníaco en rumen de 1-6 mg. dl⁻¹, aunque otros estudios han requerido de 7-7.6 mg. dl⁻¹ para garantizar una máxima actividad microbial. No obstante, Boniface *et al.* (1986) indicaron que un máximo nivel de consumo es logrado cuando la concentración óptima de amoníaco en rumen excede los 12 mg. dl⁻¹. En contraste a estas observaciones Leng (1984) y Sudana y Leng (1986) obtuvieron niveles de

amoníaco que excedieron los niveles recomendados sin afectar negativamente la tasa de fermentación; sin embargo, Kabaija *et al.* (1989) al suplementar ovinos con BMN y pasta de nuez como fuente de proteína pasante reportaron incrementos en la concentración de amoníaco de 26 mg. dl⁻¹, pero sin efectos satisfactorios en la fermentación ruminal y en la producción. Hunter y Vercoe (1984) señalaron que en dietas basadas con forraje de baja calidad los niveles críticos de amoníaco en rumen para una tasa máxima de síntesis microbiana es (5-8 mg. dl⁻¹); mientras que para la tasa máxima de digestión es (6-8 mg. dl⁻¹). En este estudio, el frecuente lamido de los BMN por parte de los animales no solamente incrementó la concentración de amoníaco, sino que aseguró también una concentración reportada como adecuada a través de un período de 12 h (0.60 mg. dl⁻¹. h⁻¹ de N-NH₃); es decir, que los BMN no presentaron fluctuaciones elevadas ni bajas en la concentración de amoníaco. Esta situación puede ser satisfactoria por la razón de que dosis infrecuentes con elevadas cantidades de urea, resulta en una mayor fluctuación en la concentración de amoníaco; es decir, que al presentarse el período de las bajas concentraciones por debajo del requerido por los microorganismos para obtener una máxima actividad, podría declinar la tasa de digestión y consecuentemente el consumo de alimento. Por éstas razones, los BMN pueden tener amplias ventajas al suplemento líquido melaza-urea; aparte de otras razones que necesariamente involucran al manejo.

6.7. Proporción molar (mmol. L⁻¹) y proporción relativa (%) de ácidos grasos volátiles (AGV) en el fluido ruminal

Se observó mayor concentración molar de AGV totales a favor de BMN^{+YS} y BMN^{-YS} con respecto a T (80.78 BMN^{+YS}, 71.01 BMN^{-YS} vs 66.48 T; P < .0002) (Cuadro 12). Del mismo modo, se mantuvo mayor concentración de AGV totales a favor de los BMN en relación a YS (80.78 BMN^{+YS}, 71.01 BMN^{-YS} vs 71.24 YS; P < .03). Entre ambos BMN, el BMN^{+YS} causó un aumento en la concentración molar de AGV totales en relación a BMN^{-YS} (80.78 vs 71.01; P < .0004). Posiblemente este incremento en la concentración de AGV totales se deba a un mayor consumo de BMN^{+YS}, lo cual produjo un mayor flujo de proteína verdadera (PV) y esqueletos carbonados de aminoácidos para la fermentación. Este incremento en el consumo de BMN^{+YS} sugiere algún efecto asociativo positivo o sinérgico con el aditivo utilizado, el cual pudo proveer algunos factores de crecimiento específicos de la actividad microbiana como son: péptidos, aminoácidos, azúcares, vitaminas del complejo B como son biotina ácido *p*-aminobenzóico, capaces de estimular el crecimiento de bacterias (Chademana y Offer, 1990). Los cultivos microbianos han sido relacionados con otros factores de crecimiento microbiano como pueden ser la elevada concentración de metabolitos intermediarios (ácidos dicarboxílicos: malato y fumarato) los cuales parecen estimular a cepas bacterianas utilizadoras de lactato como es *Selenomonas ruminantium* (Nisbet y Martin, 1991; Martin y Nisbet, 1992).

En sentido general, una integración multifactorial de estimuladores del crecimiento bacteriano y un mayor flujo de nitrógeno total (NT) pudieron causar que BMN^{+YS} presentara un mejor proceso fermentativo. Con respecto a BMN^{-YS} los resultados en la proporción relativa de AGV son similares a los resultados obtenidos por Kabaija *et al.* (1989) quienes al suplementar ovejas adultas con BMN y pasta de nuez como proteína pasante no encontraron alteración en la proporción relativa de AGV. En contraste, la suplementación con BMN resultó en un incremento en la proporción relativa de ácidos grasos e isoácidos (Sudana y Leng, 1986; Leng, 1984). En este experimento la proporción relativa de propionato tuvo tendencia a disminuir en los BMN al ser comparados con YS (16.43 BMN^{+YS} , 16.28 BMN^{-YS} vs 17.22 YS; $P = .14$) lo que es manifestado en la relación acetato:propionato (4.65 BMN^{+YS} , 4.66 BMN^{-YS} vs 4.36 YS; $P = .16$). La reducción en la relación acetato:propionato al incluir cultivos de levadura en la dieta fue demostrado por estudios *in vivo* e *in vitro* realizados por (Harrison *et al.*, 1988; Williams *et al.*, 1991). Según Williams y Newbold (1990) la reducción en la relación acetato:propionato probablemente se deba a incrementos en la producción de propionato que a su vez reduce la producción de acetato, lo que coincide con las tendencias obtenidas en este estudio. Los resultados para los CL han sido extremadamente variables, pruebas *in vivo* han demostrado que estas no han tenido efecto en la proporción relativa de AGV (Adams *et al.*, 1981; Chademana y Offer, 1991; Windschilt, 1992; Carro *et al.*, 1992a). Sin

embargo, los estudios reportados por Harrison *et al.* (1987) demostraron un efecto contrario. Incrementos en la proporción acetato:propionato fueron señaladas por Wiedmeir *et al.* (1987) y Arambel *et al.* (1987); mientras que Harrison *et al.* (1988) obtuvieron una disminución en esta relación.

Cuadro 12. Cambios en la concentración total (mmol. L⁻¹) y en la proporción relativa (%) de AGV a las 6 h postprandial en el fluido ruminal de vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS.

Variables	Tratamientos				Contrastes ¹			
	BMN ^{+YS}	BMN ^{-YS}	YS	T	EE	I	II	III
Concentración, mmol. L⁻¹								
AGV totales	80.78	71.01	71.24	66.48	2.37	0.0002	0.03	0.0004
Proporción relativa, %								
Acetato	76.41	75.79	75.00	76.21	0.71	0.95	0.23	0.52
Propionato	16.43	16.28	17.22	16.25	0.61	0.84	0.14	0.93
Butirato	7.16	7.94	7.78	7.54	0.34	0.64	0.88	0.14
Acetato:propionato	4.65	4.66	4.36	4.69	0.20	0.83	0.16	0.75

¹ Contrastes de medias: I bloques vs testigo; II bloques vs levadura; III bloque con levadura vs bloque sin levadura (Probabilidad).

6.8. Digestibilidad *in situ* (DIS) del forraje

Hasta las 9 h de incubación los BMN no afectaron ($P > .05$) la DISMS (Cuadro 13; figura 3) pero se observó que YS tendió a mejorar la DISMS respecto a los BMN (47.88 BMN^{+YS}, 48.44 BMN^{-YS} vs 49.90 YS; $P = .12$). Los BMN afectaron la DISMS a 12 h de incubación en relación a T (57.48 BMN^{+YS}, 53.86 BMN^{-YS} vs 52.34 T; $P < .007$) pero no con respecto a YS (57.48 BMN^{+YS}, 53.86 BMN^{-YS} vs 55.46 YS; $P > .05$); aunque el BMN^{+YS} promedió mayor incremento en la DISMS en comparación con BMN^{-YS} (57.48 vs 53.86; $P < .01$). A las 24 h de incubación los BMN incrementaron la DISMS en relación a T (65.82 BMN^{+YS}, 65.00 BMN^{-YS} vs 63.47 T; $P < .06$) y YS (65.82 BMN^{+YS}, 65.00 BMN^{-YS} vs 64.21 YS; $P < .07$); mientras que ambos bloques mantuvieron comportamiento semejantes (65.82 BMN^{+YS} vs 65.00 BMN^{-YS}; $P > .05$). A excepción de las 12 h de incubación el comportamiento entre ambos BMN es prácticamente semejante, lo cual sugiere poca o nula actividad del aditivo. Los resultados obtenidos a las 12 y 24 h de incubación son semejantes a los de Habib *et al.* (1991) quienes al suplementar con bloques melaza-urea hallaron incrementos en la DISMS de la paja de trigo a las 12 y 24 h de incubación. No obstante, en este experimento a las 48 h de incubación los BMN presentaron tendencia a reducir la DISMS con respecto a T (71.82 BMN^{+YS}, 72.09 BMN^{-YS} vs 72.71 T; $P = .10$) y YS (71.82 BMN^{+YS}, 72.09 BMN^{-YS} vs 73.65 YS; $P < .0009$); mientras que los BMN presentaron comportamiento similar (71.82 BMN^{+YS} vs 72.09 BMN⁻

^{YS}; $P > .05$). A las 72 h de incubación los BMN redujeron la DISMS en relación a T (74.55 BMN^{+YS}, 75.12 BMN^{-YS} vs 75.53 T; $P < .05$) y YS (74.55 BMN^{+YS}, 75.12 BMN^{-YS} vs 75.45 YS; $P < .08$); mientras que BMN^{-YS} tendió a incrementar la DISMS con respecto a BMN^{+YS} (75.12 vs 74.55; $P = .16$). Los BMN en comparación con T presentaron mayor DISFDN a las 12 h (35.12 BMN^{+YS}, 31.58 BMN^{-YS} vs 26.57 T; $P < .02$) y 24 h (46.84 BMN^{+YS}, 44.93 BMN^{-YS} vs 42.49 T; $P < .04$) de incubación. La DISFDN presentó efecto similar a la DISMS a las 48 y 72 h de incubación (Cuadro 14). A las 48 h los BMN tendieron a disminuir la DISFDN con respecto a T (57.34 BMN^{+YS}, 57.54 BMN^{-YS} vs 59.03 T; $P = .10$) y a YS (57.34 BMN^{+YS}, 57.54 BMN^{-YS} vs 59.62 YS; $P < .03$); mientras que entre ambos BMN no hubo diferencias para ninguno de los tiempos. A las 72 h se observó una tendencia de los BMN a reducir la DISFDN en relación a T (61.92 BMN^{+YS}, 62.11 BMN^{-YS} vs 63.31 T; $P = .16$). La reducción para los BMN en la degradación *in situ* de la MS y FDN obtenidos a las 48 y 72 h postincubación indican una disminución en la degradación de la fibra. Los incrementos en los porcentajes de degradación inicial de la MS y FDN alcanzados por los BMN a las 12 y 24 h postincubación (Cuadros 13 y 14) sugieren un incremento en la velocidad de paso fuera del rumen y en la tasa del flujo de salida del forraje, lo cual podría explicarse por la reducción en la digestibilidad de la MS y FDN en los tiempos subsecuentes. Para BMN^{+YS} este efecto es más evidente porque hubo mayor consumo y posiblemente algún efecto del aditivo. Estudios al

respecto señalan que la suplementación con CL influye en la tasa de degradación inicial, afectando el potencial de degradación de los alimentos (Williams *et al.*, 1991). En experimentos cortos (incubaciones abajo de las 24 h) los CL incrementaron la tasa de degradación de la MS y la fibra (Williams y Newbold, 1990). Chademana y Offer (1990) al incluir CL en dietas para ovinos demostraron que al extenderse el período de incubación a las 48 h no se presentan diferencias en la digestibilidad de la MS.

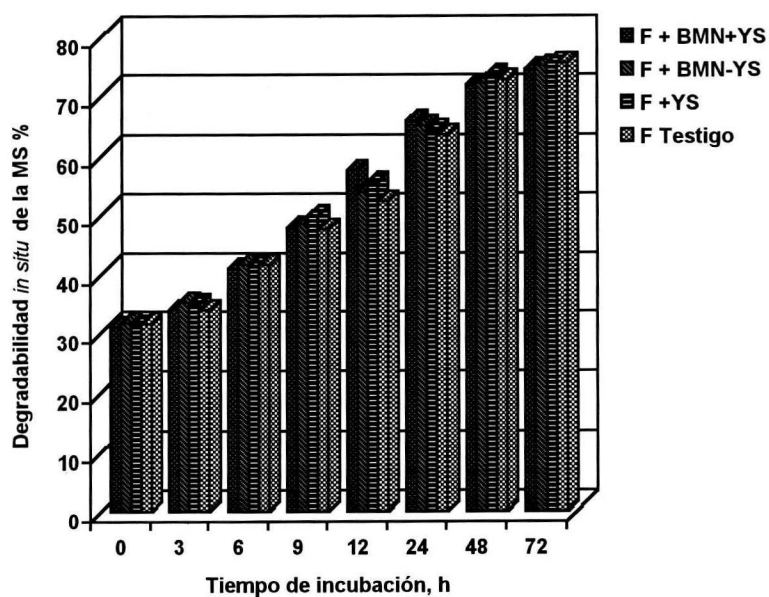


Figura 3. Degradabilidad *in situ* de la MS % en vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS.

Cuadro 13. Efecto de la suplementación con BMN y YS sobre la digestibilidad *in situ* de la MS (DISMS, %) en vacas alimentadas con forraje

Tiempo de incubación (h)	Tratamientos					Contrastes ¹		
	BMN ⁺ YS	BMN ⁻ YS	YS	T	EE	I	II	III
DISMS								
0	30.99	31.51	31.18	31.55	-	-	-	-
3	33.78	35.07	34.84	33.78	1.27	0.56	0.71	0.32
6	40.93	41.61	41.28	41.49	1.50	0.86	0.99	0.66
9	47.88	48.44	49.90	47.63	1.27	0.63	0.12	0.66
12	57.48	53.86	55.46	52.34	1.31	0.007	0.85	0.01
24	65.82	65.00	64.21	63.47	0.74	0.006	0.07	0.29
48	71.82	72.09	73.65	72.71	0.50	0.10	0.0009	0.60
72	74.55	75.12	75.45	75.53	0.39	0.05	0.08	0.16

¹ Contrastes de medias: I bloques vs testigo; II bloques vs levadura; III bloque con levadura vs bloque sin levadura (Probabilidad).

Según Church (1993) la depresión de la digestibilidad es una función de la competencia entre las tasas de digestión y de paso de la digesta. Cuanto más lenta sean digeridas las fracciones presentes en las membranas de las células vegetales mayor será la influencia que experimenten. La reducción de la digestibilidad es directamente proporcional al contenido de productos digestibles de la membrana celular y a la velocidad de paso e inversamente proporcional a la rapidez de la digestión. El tiempo de permanencia del alimento es un factor importante que determina la intensidad de la digestión de los materiales fibrosos del forraje, y cabe esperar que descienda la digestibilidad en la totalidad del tracto. Por otra parte, Kalmbacher *et al.* (1995) señaló que bovinos alimentados con dieta a base de forraje y suplementados con una mezcla melaza-urea la digestibilidad aparente de la FDN, FDA y HC es disminuida. Estas observaciones pueden relacionarse con los resultados de este experimento, donde los BMN produjeron una disminución en la DISMS y DISFDN a las 48 y 72 h postincubación. Mould *et al.* (1983) relacionó esto con un efecto asociativo negativo de la fuente de energía sobre la digestibilidad del forraje, siendo más notable esta disminución en dietas con forraje de baja calidad.

Cuadro 14. Efecto de la suplementación con BMN y YS sobre la digestibilidad *in situ* de la FDN (DISFDN, %) en vacas alimentadas con forraje

Tiempo de incubación (h)	Tratamientos					Contrastes ¹		
	BMN ⁺ YS	BMN ⁻ YS	YS	T	EE	I	II	III
DISFDN								
12	32.15	31.58	31.12	26.57	1.53	0.02	0.70	0.80
24	46.84	44.93	44.25	42.89	0.98	0.04	0.22	0.22
48	57.34	57.54	59.62	59.03	0.68	0.10	0.03	0.84
72	61.92	62.11	62.90	63.31	0.67	0.16	0.32	0.84

¹ Contrastes de medias: I bloques vs testigo; II bloques vs levadura; III bloque con levadura vs bloque sin levadura (Probabilidad).

6.9. Concentración de microorganismos anaeróbios totales y celulolíticos (Log_{10} de UFC. ml^{-1}) en el fluido ruminal

Los cambios en la población microbiana del rumen para los diferentes tratamientos se presentan en el Cuadro 15. Los BMN no favorecieron el crecimiento ($P > .05$) de bacterias totales y celulolíticas en el rumen. En contraste, el YS mostró cierta tendencia (10.58 BMN^{+YS} , 10.12 BMN^{-YS} vs 10.49 YS ; $P = .17$) a incrementar la población de bacterias celulolíticas. Para el caso de los BMN, no se han reportado estudios sobre la población bacteriana. No obstante, Sudana y Leng (1986) al suministrar un suplemento en forma de BMN a ovinos alimentados con dieta a base de paja de trigo, encontró una población de protozoarios (0.5 vs $0.03 \times 10^4 \text{ ml}^{-1}$) para animales con y sin suplemento respectivamente. Con respecto a la incorporación de levaduras a la dieta, varios estudios han reportado resultados favorables en la población microbiana del rumen. Williams *et al.* (1990) y Dawson *et al.* (1990) reportaron incrementos en la población de bacterias celulolíticas al incorporar levaduras en rumen artificial; mientras que Weidmeier *et al.* (1987) señalaron que pruebas *in vivo* produjeron incrementos del orden de 1.3 veces en el número total de bacterias vivas y de 1.5 veces en bacterias celulolíticas, después de la adición de cultivos de levaduras en dietas para vacas lecheras.

Cuadro 15. Cambios en la población de bacterias totales y celulolíticas en el fluido ruminal de vacas alimentadas con forraje y suplementadas con BMN y YS.

Variables	Tratamientos				Contrastes ¹			
	BMN ⁺ YS	BMN ⁻ YS	YS	T	EE	I	II	III
Anaeróbios totales, Log ₁₀ UFC. ml ⁻¹	10.58	10.12	10.49	9.83	0.27	0.81	0.17	0.42
Bacterias celulolíticas, Log ₁₀ del número más probable. ml ⁻¹	9.63	8.87	9.13	7.37	2.58	0.57	0.96	0.84

¹ Contrastes de medias: I bloques vs testigo; II bloques vs levadura; III bloque con levadura vs bloque sin levadura (Probabilidad).

VII. CONCLUSIONES

- 1) Con la exposición de los BMN a las temperaturas de 55 y 40 °C durante 48 y 96 h de secado respectivamente, se logran niveles de dureza considerados adecuados, y representa esto un ahorro promedio en el tiempo de fraguado entre 28 y 26 d con respecto al fraguado a la intemperie.
- 2) La dureza del BMN secado durante 40 días a la intemperie y el tratado a la temperatura de 55 °C y 96 h de secado indican que el proceso de fraguado continúa excediendo los niveles de dureza recomendados.
- 3) La viabilidad de la levadura en el BMN se reduce gradualmente con relación al incremento de la temperatura y días al secado, llegando a ser nula a la temperatura de 55 °C y 24 h de secado; mientras que la viabilidad de éstas en el BMN secado a la intemperie es nula a partir de los 20 días de fraguado.
- 4) Los efectos logrados con la incorporación de la levadura en los BMN pueden ser atribuidos a factores de crecimiento microbiano (péptidos, aminoácidos, azúcares, vitaminas del complejo B, malato, fumarato, etc.) provenientes del medio en que son cultivadas las levaduras; más que a los efectos metabólicos intrínsecos atribuidos a las levaduras vivas como mejoradoras de los patrones de fermentación ruminal.
- 5) El BMN incrementó y mantuvo una mayor concentración de nitrógeno amoniacal en el fluido ruminal durante un período de 12 h.

6) Aunque la incorporación de YS en el BMN presentó ciertas tendencias y efectos favorables en el consumo, digestibilidad *in situ* y concentración de AGV totales, los resultados no son concluyentes. Posiblemente, los efectos pudieron ser más contundentes si el forraje usado no cumpliera con los requerimientos de mantenimiento en proteína y energía. No obstante, aunque la respuesta a la suplementación es de tipo biológico, el éxito se debe valorar en términos financieros por lo que el elevado costo económico de este aditivo es un obstáculo para incluirse en suplementos de esta naturaleza. Probablemente, la inclusión de algún forraje verde no solamente proveería proteína suplementaria, sino también carbohidratos rápidamente disponibles y podría ser una mejor alternativa económica para el productor.

VIII. RECOMENDACIONES

- 1) Realizar pruebas de dureza conjunta para determinar la correlación entre los métodos de evaluación existentes: penetrómetro rústico y/o convencional.
- 2) Estandarizar el proceso de elaboración previo a los estudios de dureza, para disminuir en lo posible la variación por efecto del manejo.
- 3) Determinar la dureza de equilibrio con el ambiente a través de mediciones de dureza en el tiempo. Relacionar con los porcentajes de inclusión de componentes nutricionales y material compactante.
- 4) Realizar pruebas de viabilidad de las levaduras con los ingredientes que conformaron los BMN de este estudio, y esclarecer qué condiciones físicas o químicas pudieran estar ocasionando algún efecto nocivo o tóxico que estuviesen perjudicando la población de levaduras vivas.
- 5) Los datos obtenidos no proveen suficiente información para concluir que el costo incurrido en la elaboración de los bloques pudieran ser benéficos. Por esta razón, se recomienda realizar pruebas de comportamiento productivo *in vivo*, sobre todo bajo condiciones de pastoreo que es donde los bloques han demostrado tener potencial en la producción.

IX. LITERATURA CITADA

- Adams, D. C., M. L. Galyean, H. E. Kiesling, J. D. Wallace and M. D. Finkner. 1981. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing steers and digestibility in lambs. *J. Anim. Sci.*, 53 (3): 780.
- Arambel, M. J., and B. A. Kent. 1990. Effect of yeast culture on nutrient digestibility and milk yield response in early-to mid lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 73:1560.
- Arambel, M. J., R. D. Wiedmeier, and J. L. Walters. 1987. Influence of donor animal adaptation to added yeast culture and/or *Aspergillus oryzae* fermentation extract on in vitro rumen fermentation. *Nutr. Rep. Int.* 35:433.
- Araque, C. A. 1994. Resultados de investigación sobre bloques multinutricionales en bovinos. Bloques Multinutricionales. Bloques multinutricionales. I Conferencia Internacional. Guanare, Venezuela. p. 21.
- Araque, C. A., y L. R. Rosos. 1993. Evaluación de bloques multinutricionales con y sin antihelmíntico en la alimentación de mautas. *Zoo. trop.*, XI (1): 49.
- Araujo, O., M. Romero y G. Pirela. 1994. Alimentación estratégica de mautas con bloques multinutricionales en bosque seco tropical. Bloques multinutricionales. I Conferencia Internacional. Guanare, Venezuela. p. 27.
- Ayala, A. 1990. Producción de bloques de melaza-urea para la suplementación de rumiantes en el trópico. Memoria de la segunda reunión sobre producción animal tropical realizada en: Mérida, Yucatán, México.
- Ayala, A. and E. Tun. 1991. Effect of consumption of molasses-urea blocks on the growth of housed bullocks fed ad libitum with *Pennisetum purpureum*. *Trop. Anim. Hlth. Prod.*, 23:95.
- Ayala, O.J. 1994. Efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y melaza-urea sobre la digestibilidad *in vivo* e *in situ* en dietas para ovinos basadas en paja de Cártamo. *Vet. Méx.*, 25:221.

- Bercín, O. D., I. A. Matamoros, M. A. Esnaola, R. Santillán. 1994. Evaluación de bloques multinutricionales como suplemento para novillos en crecimiento pastando praderas degradadas de jaragua (*Hypparrhenia rufa*). Bloques multinutricionales. I Conferencia Internacional. Guanare, Venezuela. p. 119.
- Birbe, B., E. Chacón, L. Taylhardat, J. Garmendia, D. Mata. 1994. Aspectos físicos de importancia en la fabricación y utilización de bloques multinutricionales. Bloques multinutricionales. I Conferencia Internacional. Guanare, Venezuela. p. 1.
- Boniface, A. M., R. M. Murray, J. P. Hogan. 1986. Optimum level of ammonia in rumen liquor of cattle fed tropical pasture hay. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod., 16:151.
- Blagburn, B. L., L. A. Lynn, C. M. Hendrix, D. S. 1987. Efficacy of fenbendazole-medicated feed blocks against gastrointestinal nematode infections in calves. Am. J. Vet. Res., 48 (6):1017.
- Carro, M. D., P. Lebzien and K. Rohr. 1992a. Influence of yeast culture on the in vitro fermentation (Rusitec) of diets containing variable portions of concentrates. Anim. Feed Sci. Technol., 37:209.
- Carro, M.D., P. Lebzien and K. Rohr. 1992b. Effects of yeast on rumen fermentation, digestibility and duodenal flow in dairy cows fed a silage based diet. Live. Prod. Sci., 32:219.
- Chademana, I., and N. W. Offer. 1990. The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. Anim. Prod., 50:483.
- Chen, X. B., F. D. DeB. Hovell, E. R. Ørskov and D. S. Brown. 1990. Excretion of purine derivatives by ruminants: effect of exogenous nucleic acid supply on purine derivatives excretion by sheep. Br. J. Nutr. 63:131.
- Church, D. C. 1993. El rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición. Ed. Acirbia, S.A. Zaragoza, España.
- Combellas, J. 1991. The importance of urea-molasses blocks and bypass protein in animal production: The situation in tropical Latin America. Proceedings of International Symposium on Nuclear and Related Techniques in Animal Production and Health. International Atomic Energy Agency Vienna, 15-19 April. p. 115.

- Combellas, J. 1994. Influencia de los bloques multinutricionales sobre la respuesta productiva de bovinos pastoreando forrajes cultivados. I Conferencia Internacional. Guanare, Venezuela. p. 67.
- Corona, L. 1996. Evaluación de dos cultivos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación ruminal y flujo duodenal de aminoácidos en ovinos con un dieta basada en rastrojo de maíz (*Zea mays*). Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, Méx., D.F.
- Dawson, K. A., K. E. Newman. 1987. Effects of yeast culture supplement on the growth and activities of rumen bacteria in continuous culture. J. Anim. Sci., 65: (Suppl. 1): 452. (Abstr.).
- Dawson, K. A., K. E. Newman and J. A. Boiling. 1990. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. J. Anim. Sci., 68:3392.
- Dawson, K. A. 1993. Rumen fermentation and its manipulation: The development of yeast cultures as feed additives. "Biotechnology in the Feed Industry". Proceedings of Alltech's Ninth Annual Symposium, T.P. Lyons ed. Rowett Research Institute Bucksburn, Aberdeen, Great Britain. p. 269.
- Ducker, M. J. and P. T. Kendall. 1977. The true value of feed blocks. Farmers Weekly, 87 (10): ix-xii.
- Edwards, Y. E., T. Mustvangwa, J. H. Topps, and G. F. M. Paterson. 1990. The effects of supplemental yeast culture (YEA SACC)[®] on patterns of rumen fermentation and growth performance of intensively fed bulls. Anim. Prod., 50:579. (Abstr.).
- Elangovan, A. V., U. R. Mehra, U. B. Singh and A. Sahoo. 1991. Response of urea-molasses semisolid block supplement on live weight gain and nutrient utilization in underfed buffalo calves. Indian J. Dairy Sci., 44 (9):543.
- Erasmus, L. J., P. M. Botha and A. Kistner. 1992. Effect of yeast culture supplement on production, rumen fermentation, and duodenal nitrogen flow in dairy cows. J. Dairy Sci., 75:3056.
- Erwin, E. S., G. J. Marco, and E. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and fluid by gas chromatography. J. Dairy Sci., 44:1768.

- Flores, C. 1996. Uso de bloques multinutricionales con (*Saccharomyces cerevisiae*) para la suplementación estival de ganado de Lidia. Tesis de Maestría. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Edo de México.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Adaptación a la República mexicana. Instituto de geografía. Universidad Autónoma de México.
- Garg, M. R., and B. N. Gupta. 1993. Effect of supplementing urea molasses mineral block lick to wheat straw based diet on digestibility of nutrients and N balance. *Indian J. Dairy Sci.*, 46 (6): 247.
- Ghosh, A., M. G. S. Alam and M. A. Akbar. 1993. Effect of urea-molasses-mineral block supplementation on postpartum ovarian activity in Zebu cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 31:61.
- Graham, C. A., C. Pern and K. L. Linehan. 1977. The use of medicated molasses block to control bloat. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 17:555.
- Habib, G., S. B. Ali Shah, Wahidullah, G. Jabbar and Ghifranullah. 1991. The importance of urea-molasses blocks and bypass protein in animal production: The situation in Pakistan. In: *Proceedings of International Symposium on Nuclear and Related Techniques in Animal Production and Health*. International Atomic Energy Agency Vienna, 15-19 April. p. 133.
- Harris, B. 1993. Feeding yeast to dairy cattle. Technical Bulletin Publications. Dairy Science Department. University of Florida, Gainesville, FL., p. 1.
- Harris, B. and R. Lobo. 1988. Feeding yeast culture to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 71 (Suppl. 1):276. (Abstr.).
- Harris, B., Jr., and D. W. Webb. 1990. The effect of feeding a concentrated yeast culture product to lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.*, 73 (Suppl.1):266. (Abstr.).
- Harrison, G. A., R. W. Hemken, K. A. Dawson, R. J. Harmon, K. E. Newman and M. C. Morehead. 1987. Yeast culture supplements in diets of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 70 (Suppl. 1):218. (Abstr.).

- Harrison, G. A., R. W. Hemken, K. A. Dawson and R. J. Harmon. 1988. Influence of addition of yeast culture supplement to diets of lactating cows on ruminal fermentation and microbial populations. *J. Dairy Sci.*, 71:2967.
- Hoover, W. H. 1986. Chemicals factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.*, 69 (10): 2755.
- Hunter, R. A., and B. D. Siebert. 1985. Utilization of low quality roughage by *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. 2. The effect of rumen-degradable nitrogen and sulphur on voluntary food intake and rumen characteristics. *Br. J. Nutr.*, 53:649.
- Hunter, R. A., and J. E. Vercoe. 1984. The role of urea in the nutrition of ruminants fed low quality roughage diets. *Outlook on Agriculture*. 13 (3):154.
- Jung, H. G. and M. S. Allen. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.*, 73:2774.
- Jung, H. G., and V. H. Varel. 1987. Adaptation of the rumen microflora to different forage fiber types. *J. Anim. Sci.*, 65 (Suppl. 1):451. (Abstr.)
- Kabaija, E., N. Akalework and R. A. Leng. Sheep productivity in the ethiopian highlands on a diet supplemented with urea-molasses block and/or noug cake. *Trop. Anim. Hlth. Prod.*, 21:183.
- Kalmbacher, R. S., W. F. Brown and F. M. Pate. 1995. Effect of molasses-based liquid supplements on digestibility of creeping bluestem and performance of mature cows on winter range. *J. Anim. Sci.*, 73:853.
- Leng, R. A. 1984. The potencial of solidified molasses-based blocks for the correlation of multinutritional deficiencies in buffaloes and other ruminants fed low quality agro industrial by-products. In: *Proceedings Meeting on the Use of N Clear Techniques to Improve Domestic Buffalo Production*. Manila, The Philippines, 30 jan-3 feb. p. 135.
- Leng, R. A., T. R. Preston, R. Sansoucy and P. J. George Kunju. 1991. Multinutrient blocks as a strategic supplement for ruminants. *Wld. Anim. Rev.*, 67 (2):11.

- Malcolm, K. J., and H. E. Kiesling. 1990. Effects of whole cottonseed and live yeast culture on ruminal fermentation and fluid passage rate in steers. *J. Anim. Sci.*, 68:1965.
- Martin, S. A., and D. J. Nisbet. 1992. Effect of direct-fed microbials on rumen microbial fermentation. *J. Dairy sci.*, 75:1736.
- Mathison, G. W., and L. P. Milligan. 1971. Nitrogen metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.* 25:351.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. *Clin. Chim. Acta.* 17:297.
- Mehrez, A. Z., and E. R. Ørskov. 1977. A study of artificial bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. *J. Agri. Sci. (Camb.)*. 88:645.
- Messenger, J. J., I. M. Donald and D. C. Brown. 1971. Urea salt block supplementation of adult Merino wethers grazing wheat stubble in Western South Australia. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 11:153.
- Miles, R. 1984. Manipulación de la microflora ruminal del tracto gastrointestinal: formas naturales de prevenir la colonización de patógenos. *Biotecnología en la Industria de Alimentación Animal. Apligén.* 4:164.
- Mir, Z., and P. S. Mir. 1994. Effect of addition of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high-forage or high-grain diets and on feed digestibility and in situ degradability. *J. Anim. Sci.*, 72:537.
- Moat, G. A. 1979. *Microbial physiology*. John Wiley and Sons. Inc., Canada
- Molina, C. A., C. H. Molina, E. J. Molina, J. P. Molina. 1994. Evaluaciones sobre bloques multinutricionales realizadas en la granja "El Hatico". Valle del Cauca-Colombia. Bloques multinutricionales. I Conferencia Internacional. Guanare, Venezuela. p. 71.
- Molony, A. P., and M. J. Drennan. 1994. The influence of the basal diet on the effects of yeast culture on ruminal fermentation and digestibility in the steers. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, 50:55.

- Mould, F. L., E. R. Ørskov and S. O. Mann. 1983. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of varios roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10:15.
- Mutsvangwa, T., I. E. Edwards, J. H. Topps and G. F. M. Paterson. 1992. The effect of dairy inclusion of yeast culture (Yea-Sacc) on patterns of rumen fermentation, food intake and growth of intensively fed bulls. *Anim. Prod.*, 55:35.
- Neric, S. P., D. L. Aquino, P. C. De la Cruz and S. K. Ranjhans. 1985. Effect of urea-molasses mineral block lick on the performance of caracows (Swamp buffaloes). *Indian J. Anim. Nutr.*, 2 (2): 84.
- Nisbet, D. J., and S. A. Martin. 1991. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *J. Anim. Sci.*, 69:4628.
- Nolan, J. V., and R. A. Leng. 1991. The importance of urea-molasses multnutrient blocks for ruminant production in Indonesia. In: *Proceedings of International Symposium on Nuclear and Related Techniques in Animal Production and Health*. International Atomic Energy Agency Vienna, 15-19 April 1991. p. 157.
- NRC. 1984. Nutrientes requeriments of beef cattle. 6th Ed. National Academic Press, Washington, D.C.
- NRC. 1989. Nutrients requeriments of dairy of dairy cattle. 5th Ed. National Academic Press, Washington, D.C.
- Ogimoto, K., and S. Imai. 1981. *Techniques of Rumen Microbiology. Atlas of rumen microbiology*. Japan Scientific Societies Press. p. 157.
- Ortiz, P., y A. Baumeister. 1994. Consideraciones en la preparación y uso de los bloques multinutricionales. I Conferencia Internacional. Guanare, Venezuela. p. 85.
- Pearce, J. 1973. Nutrient blocks for cattle. *Agric. N. Ireland*. 48:288.
- Rose, A. H. 1987. Yeast culture, a microorganism for all species: A theoretical look at its mode of action. In: T. P. Lyons (Ed.) *Biotechnology in the Feed Industry*. Alltech Technichal Publications, Nicholasville, Kentucky. U.S.A.

- Sansoucy, R. 1986. The Sahel: Manufacture of molasses-urea blocks. *Wld. Anim. Rev.*, 57:40.
- Statcal Analysis System Institute. 1985. User's Guide: Statistics. SAS Inst., Cary, NC.
- Satter, L. D. and L. L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein in vitro. *Br. J. Nutr.*, 32:199.
- Schiere, J. B., M. N. M. Ibrahim, V. J. H. Sewalt and G. Zemmeling. 1989. Respose of growing cattle given rice straw to lickblocks containing urea and molasses. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, 26:179.
- Sihag, Z. S., N. Kishore, S. M. Chahal, C. S. Rathee. 1994. Effect of different additives on hardness of urea-molasses-mineral lick blocks. *Indian J. Anim. Sci.*, 64 (2): 198.
- Singh, U. B., and U. R. Mehra. 1990. Utilization of ammoniated wheat straw given in a feed block and supplemented with varying quantities of fish meal and oil-extracted rice. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, 28:129.
- Sommart, K., M. Wanapat, W. Wongsrikeao, and S. Ngarmsak. 1993. Effects of yeast culture and protein levels on ruminal fermentation, intake, digestibility and performance in ruminants fed straw based diets. *J. Anim. Sci.*, 71:281.
- Steel, R. G. D., y J. H. Torrie. 1984. Principios y métodos estadísticos. 2da. ed., McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V. 1988.
- Stiles, D. A., E. E. Bartley, A. B. Erhart, R. M. Meyer, and F. W. Boren. 1967. Bloat in Cattle. XIII. Efficacy of molasses-Salt Blocks Containing Poloxalene in Control of Alfalfa Bloat. *J. Dairy Sci.*, 50 (9): 1437.
- Sudana, Y. B., and R. A. Leng. 1986. Effects of supplementing a wheat straw diet with urea or a urea-molasses block and/or cottonseed meal on intake and liveweight change of lambs. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, 16:15.
- Swartz, D. L., L. D. Muller, G. W. Rogers, and G. A. Varga. 1994. Effect of yeast cultures on performance of lactating dairy cows: A field study. *J. Dairy Sci.*, 77:3073.

- Taiwo, A. A., J. F. D. Greenhalgh, E. A. Adebawale and A. O. Akinsoyinu. 1993. Review: Feedblocks as Supplement to Crop Residues and Roughages. *Wld. Rev. Anim. Prod.*, 25 (2):48.
- Tiwari, S. P., U. B. Singh and U. R. Mehra. 1990. Urea molasses mineral blocks as a feed supplement: Effect on growth and nutrient utilization in buffalo calves. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 29:333.
- Van Soest, P.J. 1980. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for determination of fiber and lignin. *J. Assoc. of Agric. Chem.*, 46:829.
- Wallace, R.J. and C.J. Newbold. 1993. Rumen fermentation and its manipulation: The development of yeast cultures as feed additives. "Biotechnology in the Feed Industry". Proceedings of Alltech's Ninth Annual Symposium, T.P. Lyons ed. Rowett Research Institute Bucksburn, Aberdeen, Great Britain. p. 173.
- Waterhouse, A. and T. H. McClelland. 1987. Supplementation of Scottish Blackface gimmers during mating and mid pregnancy. *Anim. Prod.*, 44:471. (Abstr).
- Wiedmeier, R. D., M. J. Arambel and J. L. Walters. 1987. Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.*, 70:2063.
- Williams, P. E. V. 1990. La acción de los cultivos de levaduras en rumen. *Bioteconología en la Industria de Alimentación Animal. Apligen.* 1:35.
- Williams, P. E. V., and C. J. Newbold. 1990. Rumen probiosis: the effects of novel microorganisms on rumen fermentation and ruminant productivity. *Recent Advances in Animal Nutrition*. W. Haresing and D. J. A. Cole, ed. Butterworths, London, England. p. 211.
- Williams, P. E. V., A. Walker and J. C. McRae. 1990. Rumen probiosis: The effects of addition of yeast culture (viable yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) plus growth medium) on duodenal protein flow in whether sheep. *Proc. Nutr. Soc.*, 49:128A.
- Williams, P. E. V., C. A. G. Tait, G. M. Innes and C. J. Newbold. 1991. Effects of inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers. *J. Anim. Sci.*, 69:3016.

- Windschitl, P. M. 1992. Effects of probiotic supplementation of hull -less barley- and corn-based diets on bacterial fermentation in continuous culture of ruminal contents. *Can. J. Anim. Sci.*, 70:2063.
- Wohlt, J. E., A. D. Finkelstein and C. H. Chung. 1991. Yeast culture to improve intake, nutrient digestibility, and performance by cattle during early lactation. *J. Dairy Sci.*, 74:1395.

X. ANEXO

PROTOCOLOS:

A-1. Conversión de kilonewton (kn) a kg. cm⁻²

La transformación de Kn a kg. cm⁻² se obtuvo multiplicando por el factor 102 kgf. Este se obtuvo del cociente de $1 \text{ Kn} = 1000 \text{ kg. m/s}^2$ entre la aceleración o ley de la gravedad 9.81 m. s^{-2} . Así que partimos de la siguiente ecuación:

$$F = m * a$$

donde:

F = fuerza (kg . m/s⁻²)

m = masa (kg)

a = aceleración o ley de gravedad (9.81 m. s^{-2})

Si tenemos 1 Kn (1000 kg. m/s^2) y la gravedad (9.81 m. s^{-2}), entonces despejamos la variable masa:

$$1000 \text{ kg. m/s}^2 = m * 9.81 \text{ m. s}^{-2}$$

$$m = 1000 \text{ kg. m/s}^2 \div 9.81 \text{ m. s}^{-2}$$

$$m = 102 \text{ kgf}$$

entonces $1 \text{ Kn} = 102 \text{ kgf}$ ó lo que es lo mismo $1 \text{ N} = 0.102 \text{ kgf}$

Se asume que la máquina Universal es estandarizada o codificada con las dimensiones del diámetro y profundidad de penetración de la aguja, por lo que al multiplicar los Kn por el factor 102 kgf, las unidades quedan expresadas directamente en kg. cm⁻².

CUADROS:

Cuadro A-1. Composición de bloques multinutricionales¹

Componente	Inclusión, %	Autor ²	Componente	Inclusión, %	Autor ²
Urea	4.5	6	Melaza	3,10	4
	0.5,1.0	3		45	9,11
	10	5,7		48	5
	15	9,11		50	7
	30,35	4		55-58	2
				70	10
				76-81	3
Absorbentes			Minerales		
Harina de algodón	10	9	Mezclas	7,15	3,9
Pulidura de arroz	2.5	4	Harina de hueso	3	5
Salvado de arroz	31	5	Roca fosfórica	1.3,22.5	4
Salvado de trigo	25	7	CaHPO ₄	3	11
Harina de cebada	35	6	NaCl	15,20,42,48	2,10,4
Harina de soya	10	10	CoSO ₄	0.015	4
Compactantes			Vitaminas		
CaO	3.5,10	5,7	Mezclas	1	5
Calcitato	4	9	A y D ₃	2.5	6
MgO	2-5, 6, 10-15	2,8,11			
Dolomita	3	5	Medicamentos		
Cemento	5,10,15	7	Thiabendazol	0.04	1
Bentonita	3,6	9,11	Phenothiazin	0.5	1
NaCO ₃ + NaHCO ₃	8-25	8	Poloxaleno	0.66	10
Lípidos	3,5,8	3	Ethoxylato	10,15	2

¹ Adaptado de Taiwo *et al.* (1993).

² Autores: 1. Elliot *et al.* (1970); 2. Graham *et al.* (1977); 3. Lobato y Pearce (1980); 4. Messenger *et al.* (1971); 5. Neric *et al.* (1985); 6. Pearce (1973); 7. Sansoucy (1986); 8. Sawhill (1988); 9. Schiere *et al.* (1989); 10. Stiles *et al.* (1967); 11. Sudana y Leng (1986).

Cuadro A-2. Efecto del nivel de melaza, óxido de magnesio (MgO) y urea en la dureza de bloques multinutricionales¹ (kg. cm⁻²)

Items (%)	Melaza			Media ± DE
	40	45	50	
MgO (compactante)				
6	5.49	2.54	1.30	3.11 ^a ± 1.01
9	10.42	5.07	2.60	6.03 ^b ± 1.88
12	14.13	13.58	4.46	10.72 ^c ± 2.56
Media ± DE	10.01 ^c ± 2.04	7.06 ^b ± 2.73	2.79 ^a ± 0.74	
Urea				
10	14.69	9.05	3.22	8.99 ^c ± 2.70
12	9.69	6.84	3.07	6.53 ^b ± 1.56
14	5.66	5.30	2.07	4.34 ^a ± 0.93
Media ± DE	10.01 ^c ± 2.13	7.06 ^b ± 0.89	2.79 ^a ± 0.29	

¹ Adaptado de Sihag *et al.* (1994).

Cuadro A-3. Consumo de alimento (kg. d⁻¹) en rumiantes suplementados con bloques multinutricionales

Animal	Peso vivo	Dieta base	Suplemento kg. d ⁻¹	Consumo BMN, kg.d ⁻¹	Consumo dieta, kg. d ⁻¹		P <	Autor ¹
					Sin BMN	Con BMN		
Novillos búfalos	280	paja trigo	0.3 salvado de trigo	-	5.33	6.93	.05	(1)
Becerras búfalos	167	paja trigo	0.3 salvado de trigo	0.292	2.60	3.01	.001	(1)
Vaquillas	130	paja trigo	0.3 salvado de trigo	0.196	2.55	3.00	.01	(1)
Becerras búfalas	202	paja trigo	1.0 comercial	0.746	2.86	3.12	.001	(2)
Ovejas	22	Paja trigo	-	0.091	0.33	0.42	.001	(3)

¹ Autores: 1. Habib *et al.* (1991); 2. Tiwari *et al.* (1990); 3. Sudana y Leng (1986).

Cuadro A-4. Cambios de peso vivo (CPV) en rumiantes suplementados con bloques multinutricionales

Animal	Dieta base	Concentrado kg. d ⁻¹	CPV (g. d ⁻¹)		Urea %	P <	Autor ¹
			Testigo	BMN			
Bueyes	Forraje	1	346	514	0	.05	(1)
Toros	Paja	1	220	700	10	.05	(2)
Toros	Pastoreo	-	125	548	13	.05	(3)
Novillas	Pastoreo	-	60	197	5	.01	(4)
Novillas	Pastoreo	-	38	261	2	.01	(4)
Novillas	Pastoreo	-	397	659	8	.05	(3)
Novillos	Forraje + Sales	-	676	972	13	.001	(6)
Novillos	Pastoreo	-	129	508	10	.001	(7)
Novillos	Forraje + paja arroz	Salvado arroz, 0.5	210	560	10	.05	(8)
Novillos	Forraje + paja arroz	Salvado arroz, 0.5	400	810	10	.05	(8)
Novillos	Forraje	Salvado arroz, 0.5	388	822	10	.05	(8)
Ovejas	Forraje	-	36	67	10	.05	(8)
Cabras	Forraje	0.5	40	88	10	.05	(8)
Becerras	Paja de trigo	Salvado trigo, 0.3	137	307	10	.05	(9)
Búfalas	Paja de trigo	Salvado trigo, 0.3	32	187	10	.001	(9)
Ovejas	Pastoreo	-	-29	133	10	.05	(9)
Ovejas	Pastoreo	-	-11	38	10	.05	(9)
Ovejas	Paja de trigo	-	-53	10	15	.001	(10)

¹ Autores: 1. Ayala y Tun (1991); 2. Leng (1984); 3. Araque (1994); 4. Araujo *et al.* (1994); 5. Bercin *et al.* (1994); 6. Molina *et al.* (1994); 7. Nolan y Leng (1991); 8. Habib *et al.* (1991); 9. Sudana y Leng (1986).

Cuadro A-5. Efecto de la suplementación con cultivo de levaduras* en parámetros ruminales¹

Autor	Parámetros	Testigo	YS*
Wiedmeier <i>et al.</i> (1987)	Digestibilidad de MS, %	77.0	79.1
	Digestibilidad de PC, %	79.5	82.2
	Digestibilidad de FDA, %	69.3	70.0
	pH	6.34	6.34
	Bacterias totales (UFCx10 ⁹ . ml ⁻¹)	196.2	255.0
	Bacterias celulolíticas	25.0	39.8
	Amoniaco (mg. dl ⁻¹)	18.21	18.72
Smith <i>et al.</i> (1993)	Digestibilidad de MS, %	61.1	63.3
	Digestibilidad de PC, %	64.1	66.1
	Digestibilidad de FDA, %	45.2	50.3
	Amoniaco (mg. dl ⁻¹)	11.5	12.9
Newman y Dawson (1987)	Anaeróbicos totales (UFCx10 ⁹ . ml ⁻¹)	104.0	157.0
Williams <i>et al.</i> (1991)	Ácido láctico ruminal (mM fluido ruminal)		
	promedio	3.55	1.43
	pico (segundo día)	8.30	1.80
	Butirato (meq. L ⁻¹)	8.58	6.96

¹Adaptado de Harris (1993).

*Producto comercial compuesto por cepas 1026 de *S. cerevisiae* (Yea-Sacc®)

FIGURAS:

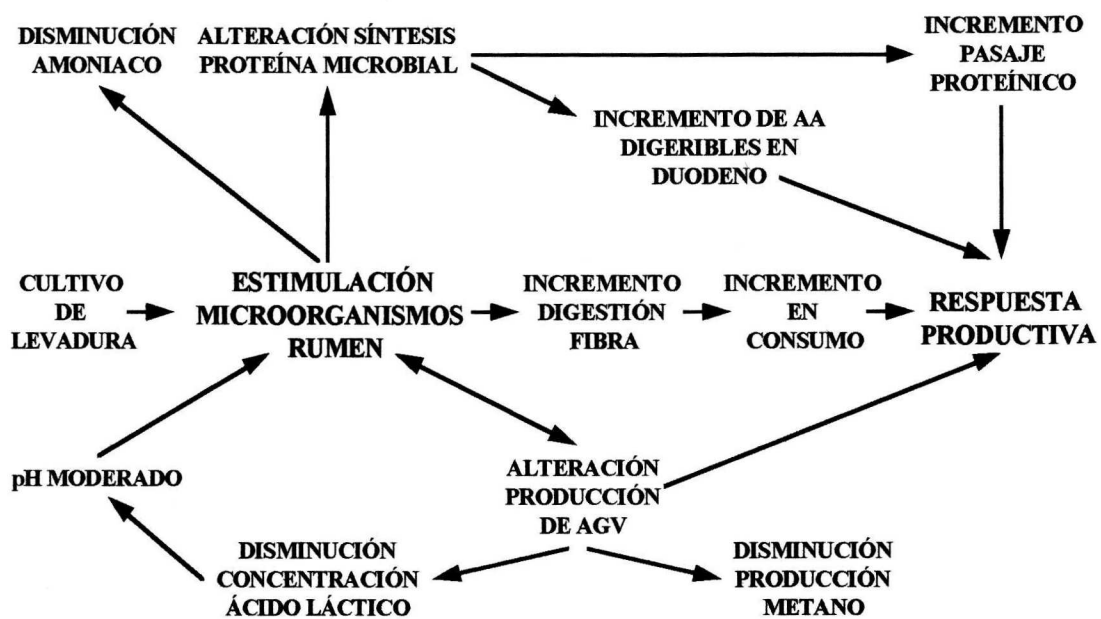


Figura A-1. Mecanismo de acción de *Saccharomyces cerevisiae* (Dawson, 1993).

