

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
POSGRADO EN CIENCIAS VETERINARIAS
TROPICALES



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN
PROBIÓTICO EN LA
DIGESTIBILIDAD DE PASTO
ESTRELLA (*Cynodon nlemfuensis*) Y LA
GANANCIA DE PESO DE BOVINOS
EN CONDICIONES TROPICALES**

Iván Adolfo Dueñas Loayza

Tesis sometida a consideración del tribunal Examinador
del Posgrado de Ciencias Veterinarias Tropicales para
optar al grado de *Magister Scientiae* en Producción
Animal Sostenible

Heredia, Costa Rica 2003

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN
PROBIÓTICO EN LA
DIGESTIBILIDAD DE PASTO
ESTRELLA (*Cynodon nlemfuensis*) Y LA
GANANCIA DE PESO DE BOVINOS
EN CONDICIONES TROPICALES**

Iván Adolfo Dueñas Loayza

Tesis sometida a consideración del tribunal Examinador
del Posgrado de Ciencias Veterinarias Tropicales para
optar al grado de *Magister Scientiae* en Producción
Animal Sostenible

MIEMBROS DEL TRIBUNAL
EXAMINADOR

José Rodríguez Zelaya MSc
Presidente Del Consejo Central de Posgrado

Sandra Estrada König MSc
Directora les PCVET

Eladio Alvarado Ugalde MSc
Tutor

Bernardo Vargas Leitón PhD
Asesor

Leonidas Villalobos Morales PhD
Asesor

Iván Adolfo Dueñas Loayza
Sustentante

RESUMEN

Los sistemas de producción de carne en el trópico requieren de cambios importantes para asegurar la sostenibilidad de la producción. Esta situación se logra con el fortalecimiento de los recursos naturales disponibles, a través de prácticas adecuadas de conservación de suelos, conservación de aguas y el mejoramiento y manejo de pastos; además del manejo de los animales que son parte importante de los recursos de la finca. En los bovinos el buen funcionamiento del rumen está directamente relacionado con parámetros productivos ya que los microorganismos que lo habitan son muy susceptibles a cambios en la calidad de dieta, manejo, clima y enfermedades causando ineficiencia en la digestibilidad de alimentos. Los probióticos se presentan como una alternativa viable para mejorar la eficiencia y estabilidad de los microorganismos y lo hacen sin efectos colaterales en la calidad de la carne y el medio ambiente, considerándose una alternativa para el manejo más sostenible de sistemas de producción. El objetivo de esta tesis es evaluar el efecto de una mezcla de probióticos sobre la ganancia de peso en bovinos de carne en su fase de engorde final bajo dos diferentes grados de intensificación del manejo y la digestibilidad del pasto estrella en condiciones tropicales. El presente estudio se divide en dos partes; la primera parte se realizó en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, localizada en El Alto de Ochomogo, Cartago, Costa Rica, se trabajó con una hembra y un macho castrado con fístula al rumen suplementados con 2 Kg de concentrado y consumieron pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Se utilizó un diseño cruzado (Crossover). Para medir la digestibilidad de los animales con y sin suplementación se utilizó la metodología de bolsas de dacrón descrita por Orskov, también se tomó muestras de licor ruminal a diferentes horas del día para hacer lecturas del pH. Se encontraron efectos positivos en la degradación de materia seca, proteína cruda, fibra detergente ácido y no así en la degradación de fibra detergente neutro. El

pH en promedio aumentó de 6.63 a 6.82 y el rango de variación de pH durante el día fue de 0.2 (tratamiento) y 0.3 (control). Para animales en las condiciones del experimento el adicionar una mezcla de levadura, enzimas y ácidos orgánicos tendrá un efecto positivo sobre la degradación de pasto estrella y se logra un incremento en la degradación de la FDA y no tiene efecto significativo sobre el consumo del pasto estrella. Para los animales del estudio el pH ruminal incrementa a toda hora del día y se promovió un pH más estable a lo largo del día. La segunda parte del estudio se realizó en dos fincas con animales bajo pastoreo ubicadas en Florencia de San Carlos, Costa Rica (finca 1) con 60 hembras sin suplementación durante un periodo de 90 días y La Fortuna de San Carlos, Costa Rica (finca 2) con 60 machos castrados suplementados con 2 kg de concentrado por día durante un periodo de 75 días, en ambas fincas hubo un grupo tratamiento y un testigo y se evaluó la ganancia de peso diaria (GDP) encontrando en la finca 1 un incremento de 65.8 gr/día por efecto del probiótico y en la finca 2 un incremento de 153.85 gr/día promedio durante el tiempo que duró el estudio. El probiótico tuvo un efecto positivo sobre la ganancia de peso diaria de los animales evaluados notándose en ambas fincas que la ganancia de peso es mayor a medida que transcurrió el tiempo del ensayo. El beneficio económico por la adición de probióticos en la dieta de animales como los de la finca 2 fue rentable y más aún en el periodo final del engorde, pero no fue así en la finca 1.

AGRADECIMIENTO

A Dios por aclarar mi camino y permitirme culminar esta nueva etapa de mi vida.

A las personas que colaboraron con la realización de esta tesis. A la empresa Bioinnova S de RL por el apoyo económico, a Eladio Alvarado, Bernardo Vargas y Leonidas Villalobos por todo el tiempo que se tomaron en revisar el presente trabajo y por los valiosos aportes que realizaron, al señor Rodrigo Rilloni por facilitar su finca y por el apoyo que me dio durante la realización del presente trabajo, a la estación Alfredo Volio y a su director Carlos Boschini por permitirme utilizar las instalaciones y animales de la estación y al señor Fernando Retana por permitir que se realice una parte del estudio en su finca.

DEDICATORIA

Dedico todo el esfuerzo puesto en la maestría y en la realización de esta tesis a Yazmina y Miguel mis padres, a Erika y Norka mis hermanas y a Miguelito mi sobrino. Gracias a mi familia por todo el apoyo y la confianza que tienen en mí, es de ahí de donde saco las fuerzas para tratar de ser mejor cada día.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN GENERAL.	1
2. HIPÓTESIS.	4
3. OBJETIVOS.	4
3.1. OBJETIVO GENERAL.	4
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	4
CAPÍTULO 1	
DUEÑAS LOAYZA, I; ALVARADO UGALDE, E	
RESUMEN.	5
ABSTRACT.	6
1. INTRODUCCIÓN.	7
1.1. LEVADURAS.	8
1.2. ENZIMAS.	11
1.3. ÁCIDOS ORGÁNICOS.	14
2. MATERIALES Y MÉTODOS.	15
2.1. UBICACIÓN.	15
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA MEZCLA DE PROBIÓTICOS.	15
2.3. CONDICIONES DE LOS ANIMALES.	15
2.4. TOMA DE DATOS.	16
2.4.1. <i>Digestibilidad.</i>	16
2.4.2. <i>pH.</i>	17
2.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS.	17
2.5.1. <i>Prueba de digestibilidad.</i>	17
2.5.2. <i>pH.</i>	18
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	18
3.1. DEGRADACIÓN DE MS.	18
3.2. PH.	23
4. CONCLUSIÓN.	25

CAPÍTULO 2

DUEÑAS LOAYZA, I; ALVARADO UGALDE, E

RESUMEN.	27
ABSTRACT.	28
1. INTRODUCCIÓN.	29
1.1. LEVADURA.	30
1.2. ENZIMAS.	31
1.3. ÁCIDOS ORGÁNICOS.	32
2. MATERIALES Y MÉTODOS.	34
2.2. UBICACIÓN.	34
2.3. TAMAÑO DE MUESTRA.	34
2.4. DESCRIPCIÓN DE LA MEZCLA DE PROBIÓTICOS.	35
2.5. CONDICIÓN DE LOS ANIMALES.	35
2.5.1. <i>Finca 1.</i>	35
2.5.2. <i>Finca 2.</i>	36
2.6. TOMA DE DATOS.	37
2.6.1. <i>Peso de los animales.</i>	37
2.6.1.1. <i>Finca 1.</i>	37
2.6.1.2. <i>Finca 2.</i>	37
2.6.2. <i>Muestras de pastos.</i>	37
2.7. ANÁLISIS DE DATOS.	37
2.8. ANÁLISIS ECONÓMICO.	38
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	38
3.1. FINCA 1.	38
3.2. FINCA 2.	42
3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO.	48
3.3.1. <i>Finca 1.</i>	48
3.3.2. <i>Finca 2.</i>	49
4. CONCLUSIÓN.	50
4. DISCUSIÓN GENERAL.	51
5. CONCLUSIÓN GENERAL.	52
6. RECOMENDACIONES GENERALES.	52

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO 1

DUEÑAS LOAYZA, I; ALVARADO UGALDE, E

Cuadro 1. Resultados de los análisis realizados al pasto estrella utilizado en la prueba de digestibilidad.	19
Cuadro 2. pH ruminal de animales a diferentes horas del día, suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos.....	24

CAPÍTULO 2

DUEÑAS LOAYZA, I; ALVARADO UGALDE, E

Cuadro 1. Resultados de los análisis realizados al pasto de las dos rotaciones de la finca 1 donde pastorearon los animales del estudio.	38
Cuadro 2. Resultados del análisis de varianza para la ganancia diaria de peso de dos grupos de animales con y sin suplementación de una mezcla de probióticos en la finca 1.....	40
Cuadro 3. Resultados de los análisis realizados al pasto de las dos rotaciones de la finca 2 donde pastorearon los animales del estudio.	42
Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza para la ganancia diaria de peso de animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos en la finca 2.....	43
Cuadro 5. Análisis de beneficio neto marginal diario (BNM) para la adición de una mezcla de probióticos tomando en cuenta la ganancia diaria de peso (GDP) obtenida en el periodo 3 y GDP total en la finca.....	48
Cuadro 6. Análisis de beneficio neto marginal (BNM) diario para la adición de una mezcla de probióticos tomando en cuenta la ganancia diaria de peso (GDP) obtenida en el periodo 3 y GDP total en la finca 2.	49

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

DUEÑAS LOAYZA, I; ALVARADO UGALDE, E

Figura 1. Curva de degradación de la materia seca (MS) para dos grupos de animales con y sin suplementación de una mezcla de probióticos.....	20
Figura 2. Curva de degradación de la fibra detergente ácido (FDA) para dos grupos de animales con y sin suplementación de una mezcla de probióticos.....	21
Figura 3. Curva de degradación de la proteína cruda (PC) para dos grupos de animales con y sin suplementación de una mezcla de probióticos.....	22
Figura 4. Curva de degradación de la fibra detergente neutro (FDN) para dos grupos de animales con y sin suplementación de una mezcla de probióticos.....	23
Figura 5. Comportamiento del pH ruminal de animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos a lo largo del día.....	25

CAPÍTULO 2

DUEÑAS LOAYZA, I; ALVARADO UGALDE, E

Figura 1. Crecimiento de animales de dos grupos con y sin la suplementación de una mezcla de probióticos en el ensayo realizado en la finca 1.....	40
Figura 2. incremento en peso total durante cada periodo de engorde por animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos en la finca 1.....	41
Figura 3. Incremento en peso vivo durante 90 días de animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos en la finca 1.....	42
Figura 4. Crecimiento de animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos en la finca 2.....	44
Figura 5. Peso ganado por animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos en la finca 2.	45
Figura 6. Peso vivo incrementado durante 75 días por animales suplementados y no suplementados en la finca 2.	46

1. Introducción general.

Costa Rica en su historia ha tenido tradición como país productor de carne; prueba de ello es la presencia de poblaciones importantes de bovinos en la mayoría de las fincas, así como de un activo comercio de ganado y carne y de una industria procesadora a diversas escalas. El hecho de ser una región libre de Fiebre Aftosa y cercana a dos países de gran población humana con consumos elevados de carne bovina (EUA y México) implica para la región de Centro América un mercado meta de más de 30 millones de habitantes con un consumo *per cápita* alto lo que representa una clara fortaleza para el sector cárnico costarricense (Pérez 1999).

No obstante se debe realizar cambios importantes para asegurar la sostenibilidad de los sistemas productivos.

La sostenibilidad de la ganadería se entiende como una práctica tal que, siendo rentable a corto plazo, sea viable en el largo plazo (Pomareda 1992). Esta situación se logra con el fortalecimiento de los recursos naturales disponibles, a través de prácticas adecuadas de conservación de suelos, conservación de aguas y el mejoramiento y manejo de pastos; además del manejo de los animales que son parte importante de los recursos de la finca.

Pensando en el manejo de los bovinos es importante recordar que los rumiantes poseen la capacidad de utilizar los forrajes y alimentos toscos que normalmente son poco utilizados por otras especies domésticas. Parte de este proceso de transformación se lleva a cabo en el rumen por bacterias y protozoarios. Por estos procesos de fermentación se producen ácidos grasos volátiles (AGV) que son la fuente de energía más importante para el rumiante y para los propios microorganismos ruminales, los cuales a la postre suministran una parte de sus requerimientos proteicos (Davis 1993). Estos microorganismos son muy

susceptibles a cambios en la calidad de dieta, manejo, clima y enfermedades causando ineficiencia en la digestibilidad de alimentos que diariamente consume el animal lo que repercute en parámetros productivos como la ganancia diaria de peso (GDP).

La estabilidad de la población microbiana se ve afectada por cambios en las condiciones del rumen tales como la acidosis. Los microorganismos ruminales presentan una influencia directa en parámetros productivos ya que son los encargados de la digestión de la mayor parte de los alimentos (70 a 85%). Cualquier actividad o tecnología que pudiese incrementar la eficiencia de este proceso ruminal estaría favoreciendo la capacidad productiva de estos animales y por ende la sostenibilidad del sistema.

El conocimiento de los efectos benéficos de algunas de las bacterias de la flora intestinal se inicia a principios del siglo pasado con los trabajos de Metchnikoff Parker (1974). Desde entonces y a lo largo de más de 100 años de estudio, autores muy diversos se han esforzado en conocer las distintas funciones de los microorganismos que poblan el tracto digestivo. A pesar de ello algunas de sus acciones no están bien precisadas. Una vez comprobado que algunas bacterias intestinales, adicionadas al alimento determinaban una respuesta favorable en producción animal se intentó enmarcarlas en un grupo específico; sin embargo, la propia heterogeneidad de los microorganismos experimentados no facilitó este propósito. Por otra parte no se había resuelto una denominación técnica específica que permitiera su diferenciación de otros aditivos o sustancias biológicas consideradas con efectos estimulantes en la producción animal.

Parker (1974) probablemente fue el primero en describir los organismos y sustancias que contribuyen al balance microbial intestinal con la palabra “probiótico”, palabra griega que significa “para vida”. Posteriormente Fuller

(1989); define los probióticos como una vida microbial que incluida en la alimentación afecta provechosamente al animal mejorando su balance microbial intestinal. Más recientemente la palabra probiótico se utiliza como nombre genérico para definir a los aditivos para la alimentación animal basados en microorganismos benéficos vivos que son utilizados para optimizar y/o promover la producción (Avila *et al.* 1990, Apligen 1994, Rodríguez 1994).

Anteriormente se requería que los microorganismos a emplearse como aditivos fueran capaces de adherirse a las células epiteliales y seguidamente multiplicarse, pero se mostró que organismos como el *Bacillus cereus* a pesar de no adherirse al epitelio intestinal es plenamente eficaz como biorregulador, por tanto la capacidad de un organismo está más relacionada con el efecto benéfico que pudiese tener sobre el funcionamiento del aparato digestivo.

Los probióticos se presentan como una alternativa viable para mejorar la eficiencia y estabilidad de los microorganismos y lo hacen sin efectos colaterales en la calidad de la carne y el medio ambiente, considerándose una alternativa para el manejo más sostenible de sistemas de producción.

Desde hace algunos años se ha venido evaluando diferentes tipos de probióticos y los resultados son positivos. Se reporta incremento de la ganancia diaria de peso (GDP), la producción de leche, la conversión alimenticia, una disminución de la mortalidad y una mejora general en la salud de los animales. Sin embargo aún existe variación en los resultados, la cual se atribuye a las diferentes condiciones ambientales, condiciones de manejo, grado de pureza del producto y dieta del animal. Esta variación se muestra más aún para el ganado de carne en zonas tropicales ya que la investigación se centra más en la producción lechera y en zonas templadas.

2. Hipótesis.

La mezcla de levaduras, enzimas y ácidos orgánicos usada como aditivo en la alimentación de bovinos de carne en su etapa de engorde final bajo condiciones tropicales incrementa la ganancia de peso y aumenta la degradación del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*).

3. Objetivos.

3.1. Objetivo general.

- Evaluar el efecto de una mezcla de probióticos sobre la ganancia de peso en bovinos de carne en su fase de engorde final bajo diferentes grados de intensificación del manejo y la digestibilidad del pasto estrella en condiciones tropicales.

3.2. Objetivos específicos.

- Evaluar el efecto de una mezcla de probióticos sobre la ganancia de peso diaria en bovinos de carne en su fase de engorde final bajo condiciones de pastoreo sin suplementación.
- Evaluar el efecto de una mezcla de probióticos sobre la ganancia de peso diaria en bovinos de carne en su fase de engorde final bajo condiciones de pastoreo y suplementados con una ración adicional de alimento concentrado comercial.
- Evaluar el efecto de una mezcla de probióticos sobre la digestibilidad de diferentes fracciones de la fibra, materia seca y la proteína cruda del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*)
- Realizar un análisis económico de costo beneficio marginal para determinar la factibilidad económica del uso de una mezcla de probióticos como aditivo en la alimentación de bovinos de carne en su fase de engorde final en condiciones tropicales y bajo los sistemas de producción evaluados.

Capítulo 1

EFFECTOS DE LA ADICIÓN DE UNA MEZCLA DE LEVADURA, ENZIMAS Y ÁCIDOS ORGÁNICOS EN LA DIGESTIBILIDAD DE PASTO ESTRELLA (*Cynodon nlemfuensis*) EN BOVINOS FISTULADOS

Dueñas Loayza, I; Alvarado Ugalde, E

Resumen.

El rumen es un sistema abierto y muy dinámico con una alta población de microorganismos encargados de degradar la mayor parte de los alimentos consumidos por el animal. Los factores determinantes de la ruptura del equilibrio de la flora intestinal son múltiples y tiene repercusiones en aspectos productivos muy importantes. En los últimos años se descubrieron los beneficios que nos pueden proporcionar algunos microorganismos (probióticos) que administrados regularmente son capaces de mantener la normalidad de la flora intestinal de los animales e incrementar sus niveles de producción. El objetivo del presente trabajo es determinar el efecto que tiene una mezcla de probióticos en la digestión de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en bovinos fistulados al rumen. Este trabajo se realizó en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, localizada en El Alto de Ochomogo, Cartago, se trabajó con una hembra y un macho castrado con fístula al rumen suplementados con 2 Kg de concentrado y consumiendo pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Se utilizó un diseño cruzado (Crossover). Para medir la digestibilidad de los animales con y sin suplementación se utilizó la metodología de bolsas de dacrón descrita por Orskov, también se tomó muestras de licor ruminal a diferentes horas del día para hacer lecturas del pH. Se encontraron efectos positivos en la degradación de materia seca, proteína cruda, fibra detergente ácido y no así en la degradación de la fibra detergente neutro. El pH en promedio aumento de 6.63 a 6.82 y la

variación de pH durante el día fue de 0.2 (tratamiento) y 0.3 (control). Para animales en las condiciones del experimento el adicionar una mezcla de levadura, enzimas y ácidos orgánicos tendrá un efecto positivo sobre la degradación de pasto estrella y se logra un incremento en la degradación de la fibra detergente ácido y no tiene efecto significativo sobre el consumo del pasto estrella. Para los animales del estudio el pH ruminal incrementa a toda hora del día y se promovió un pH más estable a lo largo del día.

Palabras claves: Levaduras, enzimas, ácido málico, degradación ruminal, pH, Bovinos.

Abstract.

The rumen is an open and dynamic system with a high number of microorganisms in charge of degrading a great part of the food ingested by the animal. There are multiple factors that influence the loss of the equilibrium of the intestinal flora and in this way may affect the productive aspects. In recent years it was discovered that if the benefits that may be received by some microorganisms (probiotics) are managed correctly, these are capable of keeping the normality of the intestinal flora of the animals and additionally increase the production levels. The objective of this study was to determine the effect of a mixture of probiotics on the digestion of the star grass (*Cynodon nlemfuensis*) in fistulated bovines. The study took place at the experimental station Alfredo Volio Mata at the University of Costa Rica, located in Alto de Ochozongo, Cartago, Costa Rica. A fistulated female and male were used in the experiment. They were fed with 2 kg of a balanced diet and *ad libitum* star grass (*Cynodon nlemfuensis*). A crossover design was used. To measure the digestibility in the animals with and without a balanced diet a methodology of dacron bags described by Orskov was used. Ruminal liquid samples were taken at different hours of the day to measure the pH. The effect of probiotics is determined by the increase of degradation of the dry matter, Acid

Detergent Fiber and crude protein and not in the degradation of Neutral Detergent Fiber. The pH increased from 6.63 to 6.82 and the variation of the pH during the day was 0.2 (treatment) and 0.3 (control). There was a positive effect on the fiber degradation after 21 days for animals when the mixture of probiotics was added in the experimental conditions. For the animals in the study the ruminal pH increased during the day promoting an stable pH.

1. Introducción.

El rumen es el órgano más importante en el proceso de la digestión y el aprovechamiento de los alimentos. Es un sistema abierto, en continuo funcionamiento y con altas poblaciones de microorganismos encargados de digerir entre un 70 y 85 % de la materia seca digestible de los alimentos consumidos produciendo ácidos grasos volátiles (AGV), dióxido de carbono, metano, amoníaco y células microbianas (Pineda *et al.* 2000).

El ambiente ruminal es constantemente acuoso con una presión osmótica parecida a la de la sangre. Su temperatura normal es de 38 a 42 grados centígrados y su pH normalmente se mantiene entre 6 y 7 (regulado principalmente por la producción de grandes cantidades de saliva, también contiene una fase gaseosa formada en su mayoría por dióxido de carbono (50 a 70%), nitrógeno, hidrógeno y oxígeno (Pineda *et al.* 2000).

En el rumen se encuentra una mezcla de especies de microorganismos, que varían en número de acuerdo al tiempo transcurrido desde la ingestión de alimentos, el régimen dietético, tipo de sustrato y otros factores desconocidos.

En determinados momentos de la vida del animal factores exógenos, tales como cambios de alimentación, infecciones y parasitismos, tratamientos con antibióticos etc. provocan la ruptura del equilibrio intestinal y todo el sistema digestivo se ve afectado en mayor o menor grado.

Los factores determinantes de la ruptura del equilibrio de la flora intestinal son múltiples y la prevención de este desequilibrio e incremento en la eficiencia de todo el sistema ruminal en producción animal adquiere un gran significado económico. Por esto es fácil comprender las razones por las cuales han sido numerosas las investigaciones dirigidas a la obtención de productos químicos o biológicos, capaces de evitar o prevenir las alteraciones en el ecosistema digestivo. Fruto de éstas investigaciones ha sido el descubrimiento de los beneficios que nos pueden proporcionar microorganismos como las bacterias, hongos y levaduras (probióticos) que administrados regularmente son capaces de mantener la normalidad de la flora intestinal de los animales.

1.1. Levaduras.

El modo de acción de la levadura se basa en la estimulación de la fermentación ruminal. La actividad respiratoria de la levadura protege la actividad anaeróbica del rumen del daño causado por el oxígeno. Al agregar cultivos de levadura al fluido ruminal *in vitro* se incrementó el valor de desaparición del oxígeno entre 46 y 89% (Rose 1987, Newbold *et al.* 1996) protegiendo de este modo a las bacterias estrictamente anaeróbicas.

Al adicionar levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) se reduce la concentración de amoníaco ruminal de 270 mg L⁻¹ a 170 mg L⁻¹ debido al crecimiento bacteriano en el rumen, aumentando el flujo de nitrógeno no amoniacal (Newbold *et al.* 1996), también a nivel de duodeno se encontró un incremento en la absorción de nitrógeno no amoniacal en más de 20 % (Williams *et al.* 1990; Erasmus 1992).

Otra de las ventajas con el uso de levaduras como aditivo en la alimentación de bovinos es la capacidad que éstas tienen para regular el pH ruminal ya que propician la desaparición del ácido láctico, que es el principal compuesto en procesos de acidosis, y aumentan el número de importantes grupos de bacterias ruminales como las celulolíticas. Esta aseveración ha sido comprobada en fermentadores de Rusitec, donde se reporta un aumento de 25 veces en la concentración de bacterias celulolíticas (Avila *et al.* 1990).

Mendoza *et al.* (1994) reporta un aumento en la tasa de pasaje y la digestibilidad del forraje con la inclusión de levadura en las raciones de los animales. También Ayala (1999) en ovinos y Plata (1992) en bovinos indican que el cultivo de levaduras incrementó la digestibilidad *in situ* de la FND y lo asocia con cambios en la población de bacterias celulolíticas y protozoarios. Este hecho podría explicar la diferencia que encuentran autores como Neftali (1999) en la GDP sin un aumento significativo en el consumo de alimentos.

Fiems *et al.* (1995) en un experimento con toros Belgian Blue notó un efecto de la levadura sobre la concentración de ácido butírico pero no afectó otras variables de fermentación ruminal.

Raman *et al.* (1998) evaluaron *in vitro* diferentes probióticos (*Lactobacillus acidophilus*-1, *L. acidophilus*-R, *Streptococcus thermophilus*-HST, *S. thermophilus*-CH, *Saccharomyces cerevisiae*-522 y *S. cerevisiae*-B) y encontraron que los tratamientos con *Saccharomyces cerevisiae*-522 y *S. cerevisiae*-B presentaron la mayor cantidad de proteína microbiana, población bacteriana y AGV además una reducción en la producción de gases.

Newbold *et al.* (1998) en una simulación ruminal de fermentación encontraron un incremento del 25% en la población bacteriana por efecto de la adición de cultivos de levadura.

En un trabajo con terneros de 15 semanas (Saha *et al.* 1999) encontraron un incremento en digestibilidad de la fibra y la proteína así como un incremento en la población de bacterias y protozoarios por efecto de la adición de 2 billones de unidades formadoras de colonias(CFU)/cabeza/día de *Saccharomyces cerevisiae*.

Panda *et al.* (1999) realizaron un experimento con terneros cruzados para determinar el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* en su dieta sobre la fermentación ruminal y encontraron que no hubo diferencia significativa en pH, NH₃-N, ni en AGV pero sí en la concentración de proteasa y celulasa sobre todo

entre los 50 y 90 días del experimento y también encontraron un aumento en el conteo de protozoarios por efecto de la adición de la levadura.

Enjalbert *et al.* (1999) realizaron un estudio con animales fistulados obteniendo una reducción del amoníaco ruminal por efecto de la adición de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), un incremento (20%) en la concentración de AGV, no encontraron efecto en la degradación de la materia seca, FND, ni en el pH.

Dutta *et al.* (2001) realizaron una comparación *in vitro* sobre sustratos con diferentes niveles de concentrados para ver el efecto de *S. cerevisiae* (NCDC-47) y una triple combinación de cultivos de *S. cerevisiae*-NCDC-47 + *L. plantarum*-NCDC-25 + *E. faecium*-NCDC124. Se encontraron incrementos significativos en la cantidad de AGV para los dos tratamientos sobre el control, además se obtuvo un incremento mayor con la combinación de cultivos y en el sustrato de mayor nivel de concentrado.

1.2. Enzimas.

Según Buhler *et al.* (1998) las enzimas son proteínas de estructuras sumamente complejas que actúan en condiciones muy concretas de temperatura, pH, humedad y sobre todo con sustratos específicos. Están presentes en todos los sistemas biológicos actuando como catalizadoras muy eficientes, en algunos casos llegan a acelerar hasta 1 millón de veces diversas reacciones químicas en el organismo que en condiciones normales tendrían lugar muy lentamente o no se producirían en absoluto.

Las enzimas no se consumen durante las reacciones catabólicas y una vez terminada la reacción vuelven a su estado original. Por esa razón la cantidad de enzima necesaria es muy pequeña en proporción con la cantidad de sustrato (Buhler *et al.* 1998).

La utilización de preparados enzimáticos como estimulantes de procesos fisiológicos y bioquímicos de organismos con el propósito de aumentar la productividad y utilización de nutrientes ha sido evaluado en varios países alrededor de los últimos 20 años (Cañas 1995).

Las enzimas ejercen una mayor disponibilidad de los nutrientes gracias al tránsito más rápido del quimo. Las enzimas evitan la proliferación bacteriana a partir de las posiciones distales del intestino grueso, también reducen la viscosidad y la pegajosidad del quimo elevando el contenido de materia seca en las excretas (Buhler *et al.* 1998). Esto podría ser una condición favorable en el manejo de desechos de los sistemas de producción bovina.

La adición de enzimas en la dieta de los animales podría ayudar a degradar algunos hidratos de carbono estructurales, como celulosa y hemicelulosa, que no son digeridos en el rumen, Flores *et al.* (2002) sugieren que éstas enzimas crean un ambiente viscoso en el tubo intestinal el cual puede interferir con la difusión de sustratos, enzimas y productos digestivos, resultando en una disminución potencial de la digestión y absorción.

En el rumen se producen enzimas como la celulasa y la hemicelulasa (Rodríguez 2000) sin embargo el adicionarlas causa efectos positivos en los rumiantes ya que estos tienen limitaciones para la digestión y utilización de fibra (Varga *et al.* 1997).

La adición de enzimas en dietas de rumiantes tiene un efecto claro en el aumento de la digestibilidad de fibra (Cañas 1995, Feng *et al.* 1996, Rode *et al.* 1999, Hristov *et al.* 2000).

Auclair (2001) indica que generalmente el pH del rumen no se ve afectado por la suplementación de enzimas y que los niveles totales de AGV tienden a ser ligeramente más elevados en comparación con las dietas controles y se encuentra inconsistencia para los efectos de las enzimas sobre la proporción acetato/propionato y los niveles de amonio en el rumen. Éstas contradicciones las explican por la gran diversidad de productos enzimáticos, dietas y especies utilizadas durante los experimentos.

Flores *et al.* (2002) en un experimento con terneros encontró un efecto positivo a la adición de enzimas fibrolíticas en la degradación *in vitro* para los tiempos de incubación 6, 36 y 48 horas. Además se notó una mejora en el comportamiento productivo de los animales en la fase de pre destete pero no así en la fase de post destete.

1.3. Ácidos orgánicos.

La utilización de ácidos orgánicos en rumiantes no es extensa y las experiencias realizadas hasta el momento se reducen a los ácidos málico y fumárico (Lázaro *et al.* 2000).

El ácido málico provee nutrientes que estimulan el crecimiento de las bacterias ruminales como la *Selenomonas ruminantium* facilitando la síntesis de lactato en propionato. Como consecuencia de éstas acciones, la acidez ruminal se estabiliza y aumenta la degradación de la fibra (Carro *et al.* 2000, Carro *et al.* 2002). Debido a estos factores el ácido málico es efectivo en la reducción de acidosis subclínica, ya que muchas bacterias del rumen (la mayoría celulolíticas) son sensibles a los medios ácidos.

Los ácidos orgánicos aparecen en la lista de aditivos autorizados por la Unión Europea, dentro del grupo de los "conservantes" y se permite su uso en todas las especies animales. Estos ácidos pueden considerarse sustancias seguras ya que no abandonan el tracto digestivo y por ello no pueden dejar residuos en los productos animales (Carro 2002).

El objetivo del presente trabajo es determinar el efecto que tiene una mezcla de probióticos en la digestión de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en bovinos fistulados al rumen.

2. Materiales y métodos.

2.1. Ubicación.

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, localizada en El Alto de Ochomogo, Cartago, Costa Rica a una altitud de 1542 msnm, una precipitación media anual de 2042 mm distribuida de mayo a noviembre, la temperatura media anual es de 19.5°C y la humedad relativa es de 84% (Boschini *et al.* 2001). Los suelos son de origen volcánico clasificados como Típico Distrandermepts (Vásquez 1982) caracterizándose por una profundidad media, con buen drenaje natural y fertilidad media. Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1978) la zona se tipifica como Bosque Húmedo Montano Bajo.

2.2. Descripción de la mezcla de probióticos.

La mezcla utilizada es un producto comercial llamado Biocell[®] que es un probiótico diseñado para favorecer el bienestar del rumen, por la interacción sinérgica de sus componentes; levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), enzimas (celulasas y hemicelulasas) y ácido málico.

El Biocell[®] es un polvo, adaptado especialmente para una mezcla homogénea en el alimento terminado y la recomendación de dosis que da la casa comercial es de 38 g cabeza/ día, mezclados en la ración.

2.3. Condiciones de los animales.

Se utilizaron animales fistulados al rumen, 1 hembra y 1 macho castrado de la raza Jersey que permanecieron juntos durante todo el periodo de experimentación.

Durante cada día de la prueba los animales se encepharon por las mañanas (6:00 am) para recibir un kilogramo de concentrado comercial con un 12,5% de proteína y 3400 kcal/kg de energía digestible en comederos individuales. Durante

el transcurso de la mañana permanecieron estabulados consumiendo *ad libitum* pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) cortado y picado; a la 1:00 pm nuevamente se encepharon para recibir otro kilogramo del mismo concentrado y posteriormente fueron llevados a un potrero de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) hasta la mañana siguiente.

Se utilizó un diseño cruzado (Crossover). En los primeros 15 días de la prueba (fase I) el animal 1 recibía junto al concentrado 38g de Biocell® por día, durante los últimos 15 días de la prueba (fase II) el animal 2 fue el que recibió las dosis de Biocell®.

2.4. Toma de datos.

2.4.1. Digestibilidad.

Los últimos 4 días de cada fase se introdujeron en el rumen de cada uno de los animales fistulados las muestras según la técnica de bolsa porosa de dacrón, metodología descrita por Orskov *et al.* (1980). Las bolsas utilizadas fueron de 12 x 6 cm con un poro de 45 µm, cada bolsa contenía una muestra de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) seco y molido en una criba de 2 mm. Cada uno de los 6 grupos de bolsas (10 a 15 bolsas por grupo) fue sujetado a una cadena, estas cadenas permanecieron en el rumen diferentes tiempos (3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas). Se inició con la introducción de la cadena para el mayor tiempo de incubación, finalizando con la introducción de la cadena del tiempo 3; cumplidas las 72 horas de incubación (tiempo 0) las bolsas se retiraron del rumen y se lavaron con agua potable en una lavadora con el fin de eliminar los residuos adheridos. Posteriormente se centrifugaron y se secaron en un horno de aire forzado a 60°C durante 48 horas y en un horno a 105°C por un lapso de 3 horas. La diferencia de peso de la muestra antes y después de entrar en el rumen se consideró como el valor de desaparición de la materia seca.

2.4.2. pH.

El día 15 de cada fase se tomaron muestras del licor ruminal de cada uno de los animales iniciando a las 6 am con un intervalo de 3 horas hasta las 7 pm.

Las muestras se extrajeron por la fístula y se transportaron inmediatamente al laboratorio (menos de 3 minutos) en un termo precalentado a 39 grados centígrados, en el laboratorio se tomó la lectura de pH con un equipo Corning pH meter model 7.

2.5. Análisis de los datos.

2.5.1. Prueba de digestibilidad.

Los datos fueron tabulados en el programa Excel con el que se calculó los porcentajes de degradación de la materia seca para cada tiempo de incubación con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de degradabilidad} = \frac{\text{Cantidad inicial (g)} - \text{Cantidad residual (g)}}{\text{Cantidad inicial (g)}} * 100$$

El ajuste de las curvas de degradabilidad acumulativa al modelo descrito por Orskov (1980), se realizó por medio del procedimiento de regresión no lineal (NON-LIN) de Marquardt, del paquete estadístico SAS for Windows V8.

A continuación se describe el modelo de Orskov que se utilizó para el cálculo de las constantes de la curva de degradabilidad:

$$Y = a + b (1 - e^{-ct})$$

Donde:

Y = Porcentaje de degradación acumulada en el tiempo "t", %.

a = Intercepto de la curva de degradación cuando t= 0 (degradabilidad inicial), %.

b = Fracción degradada por acción de los microorganismos, %.

c = Tasa de degradación (% deg./horas).

t = Tiempo de incubación en el rumen, horas.

e = Base de los logaritmos naturales.

Posteriormente se analizaron de forma independiente los datos de degradación de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) utilizando el programa estadístico SAS for Windows V8 con el siguiente modelo:

$$Y = \mu + I+T+F+H+ \xi$$

Donde:

Y = (porcentaje de MS, PC, FDN y FDA) Variable respuesta

μ = Media esperada

I = Efecto del animal

T = Efecto del tratamiento

F = Efecto de la fase

H = Efecto del tiempo de degradación

ξ = Error aleatorio

2.5.2. pH.

Los datos de pH se analizaron con el programa estadístico SAS for Windows V8 con el siguiente modelo:

$$Y = \mu + I+T+H+ \xi$$

Donde:

Y = (pH) Variable respuesta

μ = Media esperada

I = Efecto del animal

T = Efecto del tratamiento

H = Efecto de la hora en que se tomó la lectura del pH

ξ = Error aleatorio

3. Resultados y discusión.

3.1. Degradación de MS.

El cuadro 1 muestra los análisis que permiten caracterizar el pasto estrella que se utilizó en la prueba, el pasto es típico de la zona y la época del año, bajo en proteína y alto en fibra.

Cuadro 1. Resultados de los análisis realizados al pasto estrella utilizado en la prueba de digestibilidad.

MS	PC	FDN	FDA	Ceniz.	Fibra cruda	Extracto etero	Extr. Libre de N	Hcel
27.83	7.6	74.3	46.5	9.6	31.2	1.1	45.4	27.8

El análisis de varianza realizado a los datos de degradación mostró que existe una diferencia significativa entre los porcentajes de MS ($Pr>F$ 0.0458) , PC ($Pr>F$ 0.0461) y FDA ($Pr>F$ 0.0382) degradados por los animales que recibieron la mezcla de probióticos y el grupo testigo y no así en el porcentaje degradado de FDN ($Pr>F$ 0.0985). También se encontró diferencias significativas entre fase y entre animales, debido a que se están dando procesos biológicos no podemos esperar reacciones de la misma magnitud entre animales ni tampoco entre dos periodos de tiempo tomando en cuenta el dinamismo del sistema ruminal.

En la figura 1 se puede notar que la degradación de la MS fue mayor en los animales que consumieron el probiótico en cada momento durante las 74 horas que duró la evaluación.

El incremento en la degradación de MS muestra que los probióticos tuvieron un efecto positivo sobre la población microbiana logrando, en los 15 días de estadía en el rumen, mejorar las condiciones para que estos microorganismos pudiesen incrementar su eficiencia a la hora de degradar el alimento consumido por el animal.

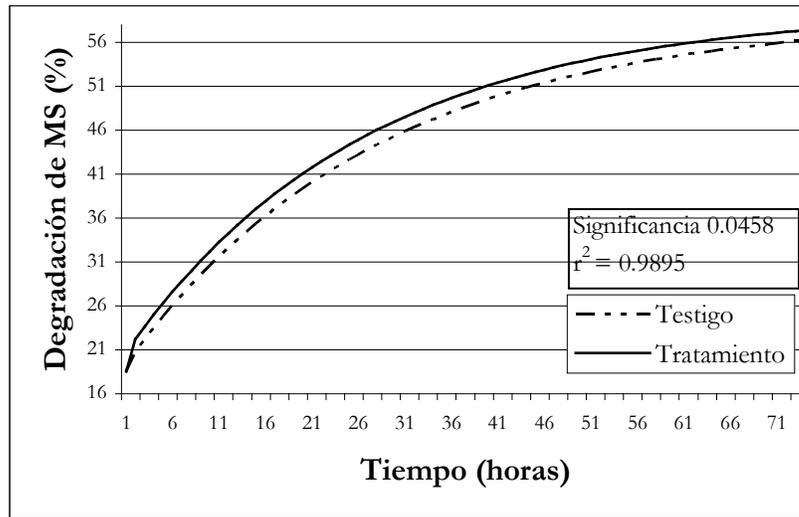


Figura 1. Curva de degradación de la materia seca (MS) para dos grupos de animales con y sin suplementación de una mezcla de probióticos.

Debido al efecto positivo de las levaduras sobre la población de bacterias que degradan la fibra de los pastos y la acción directa de las enzimas incorporadas en la mezcla de probióticos es que se vio un incremento en la degradación de la fibra como lo muestra la figura 2 donde se aprecia las curvas de degradación de la FDA para los animales tratamiento y testigo.

La FAD, que es un estimador del contenido de la pared celular en celulosa y lignina, se determina como el residuo que queda tras la solubilización de la hemicelulosa con la solución ácido-detergente (formada por ácido sulfúrico diluido y bromuro de acetil-trimetil-amonio). El contenido de los alimentos en FAD está relacionado con su degradabilidad ruminal y digestibilidad. A mayor presencia de celulosa y lignina en un pasto se da una degradación menor.

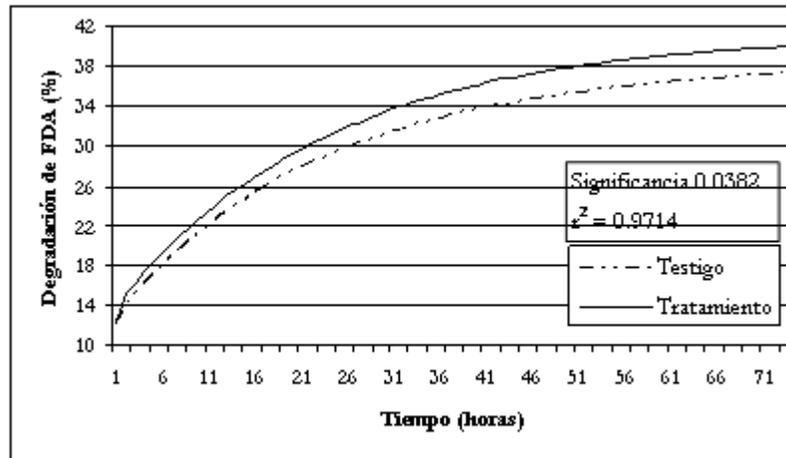


Figura 2. Curva de degradación de la fibra detergente ácido (FDA) para dos grupos de animales con y sin suplementación de una mezcla de probióticos.

En la figura 2 podemos ver claramente que en todo momento de la prueba la degradación de la FDA fue mayor llegando a encontrar un incremento en la degradación de la FDA de casi 3 % a 74 horas de permanencia del alimento en el rumen de los animales que consumieron la mezcla de probióticos.

Estos resultados son comparables a los encontrados por Mendoza *et al.* (1994) con la inclusión de levadura en la dieta de novillos y a los resultados de Flores *et al.* (2002) en pruebas *in vitro* adicionando enzimas celulolíticas.

En la figura 3 se puede observar que la degradación de la proteína cruda fue mayor en los animales tratamiento durante todo el tiempo que duró el ensayo.

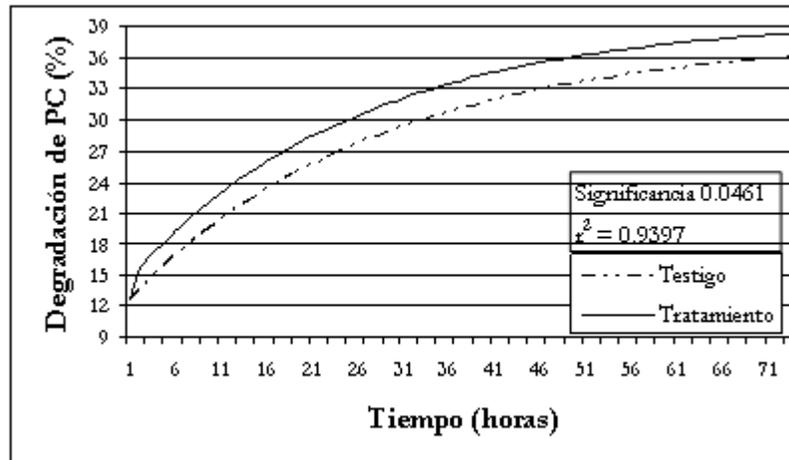


Figura 3. Curva de degradación de la proteína cruda (PC) para dos grupos de animales con y sin suplementación de una mezcla de probióticos.

El efecto de la desaparición de la proteína en las muestras esta relacionado al incremento en la degradación de la fibra. Al degradarse los carbohidratos estructurales presentes en las paredes celulares del pasto, por efecto de las bacterias ruminal, se libera una cantidad importante de proteínas atrapadas y pasan a ser disponibles para el animal.

La degradación de la FDN no presenta una diferencia significativa (ver figura 4) lo que implica que los probióticos no tuvieron un efecto significativo sobre la totalidad de los componentes que expresa la FDN.

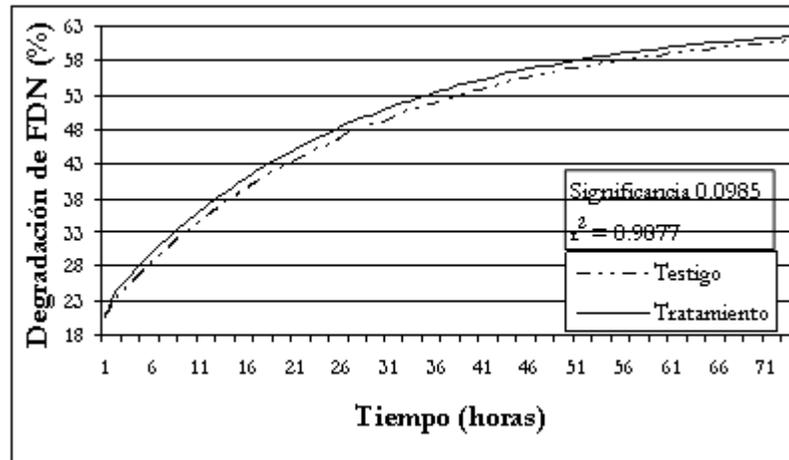


Figura 4. Curva de degradación de la fibra detergente neutro (FDN) para dos grupos de animales con y sin suplementación de una mezcla de probióticos.

La FDN, que estima el contenido en celulosa, hemicelulosa y lignina de la pared celular, se determina como el residuo que queda tras la extracción con la solución neutro-detergente (formada por sulfato lauril sódico y EDTA).

3.2. pH.

El análisis de varianza realizado mostró que existe una diferencia altamente significativa entre animales ($P < 0.0192$), hora ($P < 0.0112$) y tratamiento ($P < 0.0005$). Esto es bastante lógico debido a que el pH ruminal es dinámico cambiando de un día para otro y varía de una hora a otra a lo largo de un mismo día (efecto de la hora) y cada animal también tendrá un comportamiento distinto (efecto del animal).

El pH de todos los animales (ver cuadro 2) estuvo dentro del rango normal que según Pineda *et al.* (2000) es de 6 a 7 debido a que la cantidad de concentrado ingerido no fue muy alta, pero se notó un claro incremento del nivel de pH ruminal de los animales que consumieron el probiótico.

Cuadro 2. pH ruminal de animales a diferentes horas del día, suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos.

Hora	pH						Diferencia	Pr>F
	tratamiento			testigo				
	n	x	DS	n	x	DS		
7	2	6.70	0.00	2	6.50	0.14	0.20	
10	2	6.80	0.00	2	6.58	0.11	0.23	
13	2	6.90	0.14	2	6.73	0.04	0.18	
16	2	6.80	0.14	2	6.55	0.07	0.25	
19	2	6.90	0.00	2	6.80	0.28	0.10	
Promedio	10	6.82	0.10	10	6.63	0.17	0.19	0.005

En la figura 5 se observa que los animales tratamiento mantuvieron un pH ruminal más elevado durante todo el día. Además se notó claramente que ambos grupos de animales presentan una tendencia a descender su pH ruminal en las 3 horas siguientes a la ingesta del concentrado (suministrado a las 6 y a las 13 horas).

Los animales del grupo testigo presentan un descenso más pronunciado, lo que sugiere que los probióticos además de mantener el pH más alto también estuvieron aminorando las diferencias de acidez a lo largo del día manteniendo una condición más estable como se puede ver en la figura 5 que muestra una curva de pH para los animales del grupo tratamiento más estable y con un rango de variación de pH a lo largo del día de 0.2 comparados con los 0.3 del grupo testigo.

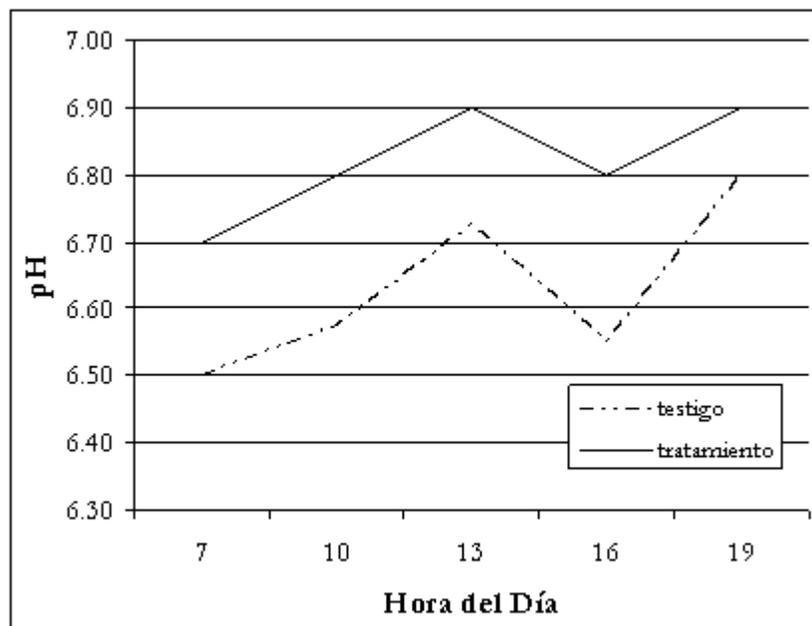


Figura 5. Comportamiento del pH ruminal de animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos a lo largo del día.

El pH en los animales que consumieron el probiótico tuvo que elevarse por la acción directa del ácido málico y la levadura suministrados en la mezcla de probióticos ya que se sabe que estos dos componentes de la dieta promueven el crecimiento de bacterias que consumen lactato que es una sustancia causante de acidez ruminal y la transforman en propionato que es uno de los AGV esenciales para la producción de los animales.

4. Conclusión.

Para animales en las condiciones del experimento el adicionar una mezcla de levadura, enzimas y ácidos orgánicos tendrá un efecto positivo sobre la degradación de pasto estrella.

El incluir una mezcla de probióticos en la alimentación de animales como los del estudio se logra un incremento en la degradación de la FDA.

Basados en los resultados de FDN se puede concluir que la mezcla de probióticos utilizada en los animales evaluados no tiene efecto significativo sobre el consumo del pasto estrella.

Cuando los animales reciben una mezcla de probióticos con las características de la usada en el presente trabajo su pH ruminal incrementa a toda hora del día.

El incluir una mezcla de levaduras, enzimas y ácidos orgánicos en la alimentación de bovinos en condiciones del estudio promueve un pH ruminal más estable a lo largo del día.

Capítulo 2

EFECTO DE UNA MEZCLA DE LEVADURAS, ENZIMAS Y ÁCIDOS ORGÁNICOS COMO ADITIVO EN DIETAS DE BOVINOS EN ENGORDE EN DOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PASTOREO ROTACIONAL CON Y SIN SUPLEMENTACIÓN DE CONCENTRADO

Dueñas Loayza, I; Alvarado Ugalde, E

Resumen.

Los sistemas de engorda de bovinos en condiciones tropicales están sufriendo presión por aumentar su eficiencia y calidad de productos. En los últimos años se han empleado muchos aditivos como los antibióticos y anabólicos para incrementar la eficiencia en el engorde de animales pero con los cambios en las exigencias de los consumidores es necesario producir carne de más calidad y sin residuos que atenten contra la salud humana. Es aquí donde los probióticos juegan un papel importante como productos biológicos y capaces de incrementar los niveles productivos de los animales. El objetivo del presente trabajo es determinar el efecto que causa una mezcla de levaduras, enzimas y ácidos orgánicos en la ganancia diaria de peso de animales en su fase de engorda en dos diferentes sistemas de producción. El estudio se realizó en dos fincas con animales bajo pastoreo ubicadas en Florencia de San Carlos (finca 1) con 60 animales sin suplementación durante un periodo de 90 días y La Fortuna de San Carlos (finca 2) con 60 animales suplementados durante un periodo de 75 días, en ambas fincas hubo un grupo tratamiento y un testigo y se evaluó la ganancia de peso diaria (GDP). encontrando en la finca 1 un incremento de 65.8 gr/día por efecto del probiótico y en la finca 2 un incremento de 153.85 gr/día promedio durante el tiempo que duró el estudio. El probiótico tuvo un efecto positivo sobre la ganancia de peso diaria de los animales evaluados notándose en ambas

fincas que la ganancia de peso es mayor a medida que transcurrió el tiempo del ensayo. El beneficio económico por la adición de probióticos en la dieta de animales como los de la finca 2 es rentable y más aún en el periodo final del engorde, pero no fue así en la finca 1.

Palabras claves: Levaduras, enzimas, ácido málico, Ganancia diaria de peso, Bovinos de engorde.

Abstract.

Growing beef systems in tropical conditions are under pressure because they have to increase the product quality and efficiency. In recent years, many antibiotics and anabolics were used to increase the efficiency of weight gain. However, with a changing attitude of the consumers, it is necessary to produce meat with a higher quality and without residuals that might influence human health. Here the probiotics play an important role because they are biological products capable of increasing the productive levels of the animals. The objective of this study was to determine the effect of a mixture of yeast, enzymes and organic acids on the daily weight gain of animals in the stage of growing in two different production systems. The study took place at two farms with animals under grating located in Florencia, San Carlos (farm 1) with 60 animals during a period of 90 days and La Fortuna de San Carlos with 60 animals supplemented with two kilograms balanced diet during a period of 75 days (farm2). In both farms there was a treatment group and a control. The weight gain was evaluated daily (GPD) during the study. In farm 1 an average increment of 65.8 gr/day was found because the effect of the probiotics and in farm 2 an increment of 153.85 gr/day. The probiotic had a positive effect on the daily weight gain of the animals. The weight gain increased during the study. The probiotic addition in the diet of the animals in farm 2 is profitable and it was highest in the final lapse of the study. This was not the case in farm 1.

1. Introducción.

Los sistemas de engorde en condiciones tropicales se encuentran en una constante lucha para incrementar sus índices productivos dado el incremento en el valor monetario de la tierras, los altos costos de producción y la creciente demanda local e internacional de carne de mejor calidad.

Estos sistemas deben ser mejorados de una forma integral, con técnicas agronómicas que permitan incrementar la disponibilidad de pastos para mejorar la cantidad de carne producida por hectárea; con el seguimiento y mitigación del impacto en el medio ambiente para asegurar la sostenibilidad de los sistemas en el tiempo y con tecnologías que mejoren la eficiencia del animal como unidad productiva y principal componente del sistema, mejorando su conversión alimenticia para lograr reducir el tiempo de engorda, reducir los costos de producción y mejorar la calidad de la carne.

En los últimos años se han empleado muchos productos como los antibióticos y anabólicos para incrementar la eficiencia en el engorde de bovinos de carne pero con el constante cambio en las exigencias de los consumidores y con un mercado tan competitivo como el actual se debe asegurar una producción eficiente, que garantice un producto diferenciado y más competitivo por ser libre de residuos que podrían estar en detrimento de la salud humana y amigable con el medio ambiente.

Es aquí donde los probióticos juegan un papel importante, los probióticos se definen como toda vida microbial que incluida en la alimentación afecta provechosamente al individuo que los consume mejorando su balance microbial intestinal (Fuller 1989). Sin embargo en la actualidad se utiliza como nombre genérico para definir a una serie de aditivos para la alimentación animal basados

en microorganismos benéficos viables que son utilizados para optimizar y/o promover la producción (Avila *et al.* 1990, Apligen 1994, Rodríguez 1994).

1.1. Levadura.

Un probiótico muy difundido en los últimos tiempos son las levaduras. Su modo de acción se basa en la estimulación de la fermentación ruminal ya que la actividad respiratoria de la levadura protege la actividad anaeróbica del rumen del daño causado por el oxígeno, (Rose 1987, Newbold *et al.* 1996), protegiendo de este modo a las bacterias estrictamente anaeróbicas.

Otra ventaja con el uso de levaduras es el incremento de importantes grupos de bacterias ruminales como las celulolíticas, Avila *et al.* (1990) reportaron un aumento de 25 veces en la concentración de bacterias celulolíticas en fermentadores de Rusitec.

Se han realizado varios estudios sobre la inclusión de cultivos de levadura como aditivo alimenticio en raciones para rumiantes, teniendo efectos positivos en el consumo de materia seca, producción de leche, ganancia de peso, porcentaje de grasa, proteína y sólidos totales en la leche. Fallon *et al.* (1987) reportaron un 25 % de incremento en el consumo de materia seca en dietas iniciadoras de terneros. Williams *et al.* (1991) encontraron un incremento de 1.2 Kg/día de consumo de materia seca y 1.4 litros/vaca/día de incremento en la producción de leche.

Huhtanen *et al.* (1996) en un estudio con toros de carne determinaron un incremento en la ganancia diaria de peso de 120 gr por la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y además un incremento en el grado de calidad de la carcasa.

Greene (2002) evaluó los efectos de SC 47 (8 X 10⁹ UFC/g) en la producción de novillas suplementadas con 0, 5, ó 20 g de SC 47 por día, las novillas ganaron 1.13, 1.19 y 1.27 kg/d. También se notó un incremento en el peso de la carcaza y

la cubierta de grasa dorsal. No se encontraron diferencias en marmoleo, área del ojo de la costilla, rendimiento en canal o calidad USDA para los diferentes grupos.

En otro experimento con 86 novillos en pastoreo se observó que la GDP de los novillos suplementados con Procreatin7[®] fue mayor que la de los animales en el grupo control (1.27 vs 1.19 kg/d) debido a la inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* en un suplemento mineral de libre acceso (Greene 2002)

Los trabajos realizados en ganado de carne evaluando levaduras son escasos y presentan resultados muy diferentes desde un incremento de 34% en la ganancia de peso diaria en los primeros 14 días (Greene, *et al.* 2000) hasta 12% de incremento en ganancia de peso diaria (Johnson 2000). Además de la variación de los datos reportados la gran mayoría de los trabajos se realizan en zonas templadas donde las condiciones difieren mucho de las tropicales (pastos, precipitación, humedad, temperatura, genética de los animales y bacterias en el rumen).

1.2. Enzimas.

Las enzimas también son consideradas como probióticos, son proteínas de estructuras sumamente complejas que actúan en condiciones muy concretas de temperatura, pH y humedad sobre todo con sustratos específicos. Están presentes en todos los sistemas biológicos actuando como catalizadoras muy eficientes (Buhler *et al.* 1998).

No obstante que los rumiantes producen enzimas como la celulasa que cataliza la hidrólisis de la celulosa (enlace B-1.4-glucosídicos) y hemicelulasa que cataliza la hidrólisis de la hemicelulosa (Rodríguez 2000), el adicionar estas enzimas en la alimentación de los animales causa efectos positivos ya que hay algunas

limitaciones para la digestión y utilización de fibra por parte de los rumiantes como lo reportaron Varga *et al.*(1997).

La adición de enzimas en dietas de rumiantes tiene un efecto claro en el aumento de la digestibilidad de fibra (Cañas 1995, Feng *et al.* 1996, Rode *et al.* 1999, Hristov *et al.* 2000). Auclair (2001) encontró que el efecto de la adición de enzimas está íntimamente ligado con el tipo de alimento consumido. Estas contradicciones se pueden explicar por la gran diversidad de productos enzimáticos, dietas y especies utilizadas durante los experimentos.

En ganado de carne no se encontraron efectos positivos en el aumento del consumo de materia seca pero sí un incremento productivo reflejado en la ganancia de peso diaria encontrándose una relación con el tipo de alimento que consumen los animales (Buhler *et al.* 1998).

1.3. Ácidos Orgánicos.

El ácido málico favorece el crecimiento de *Selenomonas ruminantium*, la cual es capaz de metabolizar el lactato hasta propionato; y liberan nutrientes que estimulan el crecimiento de la bacterias ruminales. Como consecuencia de éstas acciones, el pH ruminal se estabiliza (se impide el descenso acusado del mismo cuando se administran raciones ricas en concentrados) y aumenta la degradación de la fibra debido a la proliferación de las bacterias celulolíticas (Carro *et al.* 2000, Carro *et al.* 2002).

Se ha observado una mejoría en la deposición de tejido magro (carne) y en la conversión alimenticia (15-20%) cuando se incluye ácido málico en la dieta de becerros, coincidiendo con un incremento en los AGV.

En un estudio realizado con vacas lecheras que recibían niveles de ácido málico de 70, 105 y 140 g por día, Kung *et al.* (1982) observaron que la eficiencia de conversión del alimento (kg de leche/kg de alimento) mejoró en un 8 % por efecto del ácido orgánico. En todas las vacas que recibieron ácido málico se

registraron concentraciones mayores de los principales ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) que en las vacas control, lo que podría indicar que el ácido málico provocó una mayor fermentación de la ración (Kung *et al.*, 1982).

En una prueba realizada con 33 toretes (Martin *et al.*, 1999), se observó que la adición de malato a niveles de 40 y 80 g por animal y día provocaba un aumento lineal de la ganancia de peso y un aumento de la eficiencia de utilización del alimento (kg de ganancia de peso/kg de alimento). Los animales que recibieron una dosis diaria de 80 g de malato presentaron una ganancia media de peso de 2,11 kg por día, frente a los 1,86 kg por día que engordaron los que no recibieron malato.

Los resultados de otra prueba llevada a cabo con 27 toretes de raza Angus son similares a los anteriormente descritos. En esta prueba se administró malato a los animales a niveles de 0, 60 y 120 g por día. Los terneros que recibieron malato presentaron una mayor ganancia de peso (2,87, 3,35 y 3,68 kg/día para los niveles 0, 60 y 120 g de malato, respectivamente) durante los primeros diez días de la prueba, en la que los animales recibieron una ración de transición, sin que se observaran diferencias en la ingestión de alimento (11,5, 11,7 y 11,4 kg/d). Sin embargo, no se observaron diferencias entre los tres grupos de animales cuando se consideraron los efectos obtenidos tras los 52 días de duración de la prueba (aumentos de peso vivo de 1,92, 2,05 y 1,90 kg/día para los niveles 0, 60 y 120 g de malato, respectivamente) (Martin *et al.*, 1999).

Además de las ventajas productivas es importante recalcar que todos los probióticos no son tóxicos ni para el animal ni para los seres humanos. Los ácidos orgánicos aparecen en la lista de aditivos autorizados por la Unión Europea permitiéndose su uso en todas las especies animales. Estos productos se

consideran sustancias seguras, ya que no abandonan el tracto digestivo y por ello no pueden dejar residuos en los productos animales (Carro 2002).

El objetivo del presente trabajo es determinar el efecto que causa una mezcla de levaduras, enzimas y ácidos orgánicos en la ganancia diaria de peso de animales en su fase de engorda en dos diferentes sistemas de producción.

2. Materiales y métodos.

2.2. Ubicación.

El presente trabajo se realizó en dos fincas. La finca 1 ubicada en La Fortuna a 10°28' latitud norte y 84°38' latitud oeste y la finca 2 en Florencia a 10°23' latitud norte y 84°28' latitud oeste, ambas fincas se encuentran en el cantón de San Carlos, Costa Rica. Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1978); se encuentran en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal (bmh- P). La región donde se localizan ambas fincas presenta una precipitación promedio anual entre 3500 y 4500 mm, una temperatura promedio anual entre 22.5° y 25 ° C, una altitud de 185 msnm y un brillo solar promedio anual de 3 a 4 horas por día.

2.3. Tamaño de muestra.

El tamaño mínimo de muestra para realizar las pruebas en cada una de las fincas es de 23 animales y se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$n = (2 \times (z_a + z_b)^2 \times SD^2) (m_1 - m_2)^{-1}$$

Donde

n = Tamaño de muestra (23)

z_a = Valor z al nivel de confianza deseado (1.64)

z_b = Valor z para la potencia deseada (1.28)

SD = Desviación estándar esperada de la GDP (213)

$m_1 - m_2$ = Diferencia estimada entre las dos medias (183)

2.4. Descripción de la mezcla de probióticos.

La mezcla utilizada es un producto comercial llamado Biocell® que es un probiótico diseñado para favorecer el bienestar del rumen, por la interacción sinérgica de sus componentes; levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), enzimas (celulasas y hemicelulasas) y ácido málico.

El Biocell® es un polvo, adaptado especialmente para una mezcla homogénea en el alimento terminado y la recomendación de dosis que da la casa comercial es de 38 g/cabeza/día, mezclados en la ración.

2.5. Condición de los animales.

2.5.1. Finca 1.

Los animales con los que se trabajó en esta finca son de grupos raciales diversos con predominancia de *Bos indicus* como los que se pueden encontrar comúnmente en el mercado (subastas) de la zona. Se utilizaron inicialmente 60 hembras de similar edad, con un peso promedio de 263.4 kg que se dividieron en 2 grupos de 30 animales uno control y el otro que consumió el probiótico pero se eliminaron 10 animales (5 de cada grupo) por presentar problemas de salud durante el experimento o/y un crecimiento demasiado irregular.

Ambos grupos estuvieron en pastoreo rotacional en potreros de *Brachiaria brizanta* y *Cynodon nlemfuensis* (predominantemente *Cynodon nlemfuensis*) con un tiempo de ocupación de 2 días y un tiempo de descanso para el pasto de 35 días, tuvieron sal y minerales *ad libitum* y a ambos grupos se les suministró 250 g/animal/día de cascarilla de soja (10% de proteína y 2500 kcal/kg de energía digestible) con la cual se mezcló el probiótico en el caso del alimento para el grupo tratamiento. El probiótico no se suministró a los animales los días domingos por manejo de la finca.

2.5.2. Finca 2.

Los animales con los que se trabajó en esta finca son de grupos raciales diversos, seleccionados de las subastas de la zona por su uniformidad, buena capacidad de acumular carne y edad. Se trabajó con 60 machos castrados un mes antes del ingreso al módulo de engorde. Son de similares edades y con un peso inicial promedio de 389.7 Kg divididos en 2 grupos; testigo (sin probióticos) y tratamiento (con probiótico). Ambos grupos tuvieron pastoreo rotacional en potreros de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con dos días de ocupación y 35 días de descanso, como un complemento a su alimentación por las mañanas se les suministra 2 Kg de concentrado por animal. Esta dieta se formuló de acuerdo a análisis del pasto y requerimientos nutricionales de los animales. Para el caso del grupo tratamiento se incluyó el probiótico al momento de suministrar el concentrado.

Los animales dentro de cada finca se distribuyeron en dos grupos homogéneos por el método de pareo tomando en cuenta su peso corporal y grupo racial. Se pesó a todo el grupo (60 animales) y se colocó a los dos más livianos uno en cada grupo y así sucesivamente con los siguientes pares de animales hasta llegar a colocar un animal del par más pesado en cada uno de los grupos.

En cada finca los grupos tratamiento y testigo tuvieron similar manejo, condición ambiental, calidad de pasto, áreas de potrero y calidad y cantidad de alimentación complementaria siendo la única diferencia entre los dos grupos dentro de cada finca la adición o no del probiótico en su dieta a razón de 38 g/día/animal.

Los grupos tratamiento y testigo dentro de cada finca intercambiaron las rotaciones de potreros en las que permanecieron cada 30 días (finca 1) y cada 25 días (finca 2).

2.6. Toma de datos.

2.6.1. Peso de los animales.

2.6.1.1. Finca 1.

El peso de los animales se tomó con una balanza electrónica tru-test indicador 702 con barras de carga mp800, los animales se pesaron al inicio del ensayo y posteriormente cada 30 días entre las 9 y las 12 am durante un periodo de 120 días para calcular las ganancias de peso individuales en cada uno de los 4 periodos del engorde (30 días cada periodo).

2.6.1.2. Finca 2.

El peso de los animales se tomó con una balanza mecánica al inicio del ensayo y posteriormente cada 25 días, las pesas se realizaron entre las 9 y 12 de la mañana durante un periodo de 100 días para calcular las ganancias de peso individuales en cada uno de los 4 periodos del engorde (25 días cada periodo).

2.6.2. Muestras de pastos.

Se tomaron muestras de pastos en los potreros a los cuales ingresarían los animales realizando el corte a la altura de pastoreo observada en rotaciones anteriores. Se realizó un muestreo en diagonal tomando 20 muestras por hectárea en los potreros de cada uno de los grupos en las 2 fincas. A dichas muestras se les determinó el porcentaje de materia seca (%MS), de proteína cruda (%PC), de fibra detergente neutra (%FDN), de fibra detergente ácida (%FDA), cenizas, lignina, celulosa y hemicelulosa.

2.7. Análisis de datos.

Los datos se analizaron de forma independiente para cada una de las fincas. Todos los datos se analizaron utilizando el programa estadístico SAS.

Se utilizó el siguiente modelo de análisis de varianza para analizar cada una de las GDPs calculadas para los 3 periodos de engorde:

$$Y = \mu + T + \xi$$

Donde:

Y = (Ganancia Diaria de Peso) Variable respuesta

μ = Media esperada

T = Efecto del tratamiento

ξ = Error aleatorio

Se asumen distribuciones normales y varianzas homogéneas.

2.8. Análisis económico.

El análisis se realizó de forma independiente para cada una de las fincas tomando en cuenta los costos marginales en los que se incurre por la utilización del Biocell® como aditivo en la dieta de los animales (costo de la dosis diaria del probiótico) y los beneficios económicos adicionales (GDP adicional multiplicada por el precio del kilo de carne en pie).

El análisis se realizó con los precios en colones en un momento donde la relación con el dólar era de 388 colones por cada dólar estadounidense.

3. Resultados y Discusión.

3.1. Finca 1.

Los resultados del análisis proximal de los pastos los podemos ver en el cuadro 1 donde la rotación 1 presenta un mayor porcentaje de proteína cruda (PC) y la rotación 2 un mayor porcentaje de materia seca (MS).

Cuadro 1. Resultados de los análisis realizados al pasto de las dos rotaciones de la finca 1 donde pastorearon los animales del estudio.

	MS	PC	FND	FAD	Ceniz.	Lig.	Cel	Hcel
Rotación 1	21.20	10.29	77.35	45.38	8.23	5.87	39.51	31.97
Rotación 2	23.98	7.17	76.21	46.11	7.73	5.41	40.70	30.10

Las condiciones de manejo de pastos en ambas rotaciones son iguales por lo que las diferencias en las características de calidad del pasto son atribuibles básicamente a condiciones del suelo.

Estos análisis de forraje se realizaron para caracterizar los pastos que estuvieron consumiendo los animales del estudio. El efecto en la diferencia de calidad entre una y otra rotación se eliminó intercambiando mensualmente de rotación a los grupos tratamiento y testigo.

En el cuadro 2 se puede ver que el grupo tratamiento tuvo ganancias de peso más altas que el lote testigo. En el primer periodo de engorde la diferencia fue estadísticamente significativa ($P < 0.0541$) y una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) en la GDP total.

En el tiempo transcurrido del día 0 al día 90 los animales ganaron 65.8 gr/día (12.0%) por efecto de la adición de probiótico en su dieta, sin embargo la diferencia más marcada se muestra en el último periodo de engorde donde los animales del grupo tratamiento ganaron en promedio 93.43 gr/día (20.3%) más que los animales del grupo testigo.

Estos resultados son similares a los encontrados por Greene (2002) en un ensayo con 669 novillas, donde obtuvo un incremento de la GDP de 12.4% solo con la adición de la levadura y encontró también mayores pesos de canal y mayor cubierta de grasa dorsal.

Cuadro 2. Resultados del análisis de varianza para la ganancia diaria de peso de dos grupos de animales con y sin suplementación de una mezcla de probióticos en la finca 1.

Periodo	GDP (gr/día)						Diferencia	Pr>F
	Tratamiento			testigo				
	Días	n	x	DS	n	x		
00 a 30	25	649.32	386.46	25	585.40	350.69	63.92	0.0541
30 a 60	25	682.60	327.09	25	642.72	227.37	39.88	0.6441
60 a 90	25	512.00	173.42	25	418.56	179.98	93.44	0.0677
00 a 90	25	614.72	103.74	25	548.92	126.52	65.80	0.0500

La figura 1 muestra las curvas de crecimiento de ambos grupos. Se puede observar que los animales del grupo tratamiento presentan un crecimiento más constante y pese a haber comenzado con un peso menor, al cabo del experimento presentan un peso vivo promedio más alto que el de los animales del grupo testigo.

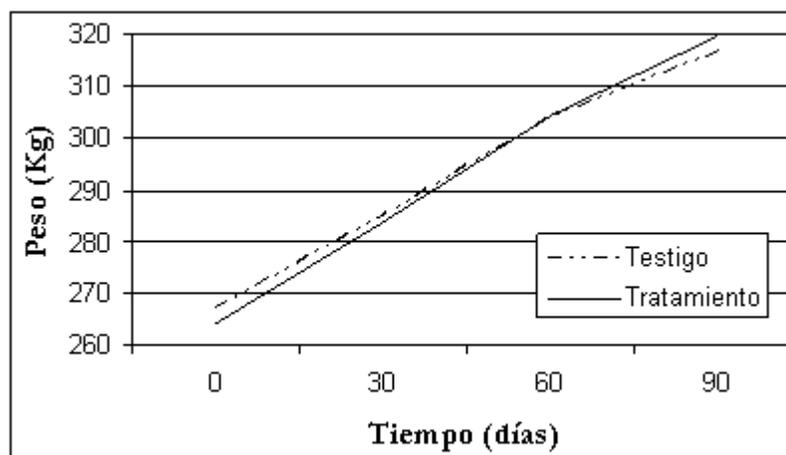


Figura 1. Crecimiento de animales de dos grupos con y sin la suplementación de una mezcla de probióticos en el ensayo realizado en la finca 1.

Los animales sufrieron una reducción en su ritmo de crecimiento entre los 60 y 90 días, esto pudiese ser atribuible a un efecto ambiental dado que tanto el grupo tratamiento como el testigo presentan la misma tendencia.

La figura 2 también muestra que la diferencia del peso ganado entre los dos grupos de animales es mayor en el último periodo de engorde.

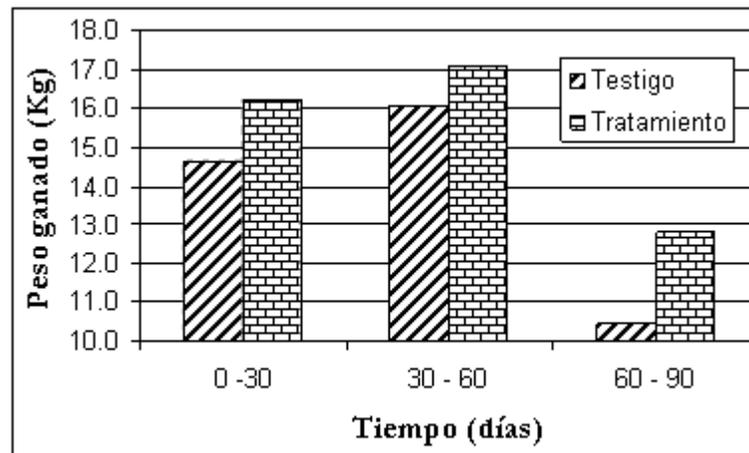


Figura 2. incremento en peso total durante cada periodo de engorde por animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos en la finca 1.

Los animales del grupo tratamiento ganaron durante todo el estudio en promedio 6 kg más por animal como se puede ver en la figura 3.

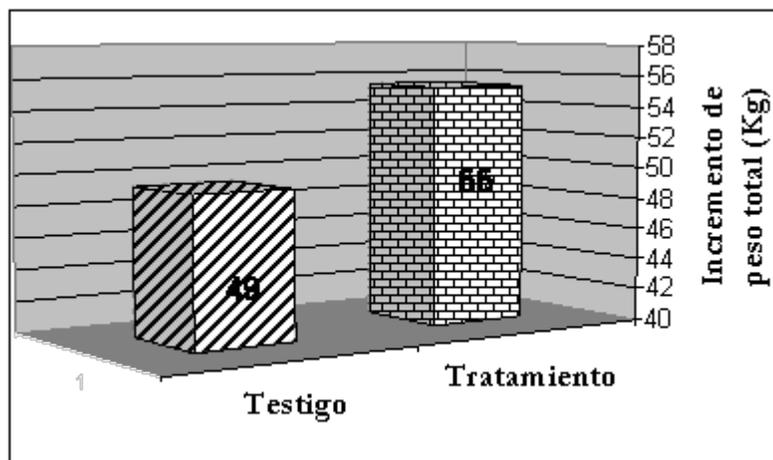


Figura 3. Incremento en peso vivo durante 90 días de animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos en la finca 1.

3.2. Finca 2.

En el cuadro 3 se muestra la calidad de pastos consumidos por los animales de la finca 2. La rotación 1 presenta mayor porcentaje de proteína cruda y materia seca.

Cuadro 3. Resultados de los análisis realizados al pasto de las dos rotaciones de la finca 2 donde pastorearon los animales del estudio.

	MS	PC	FND	FAD	Ceniz.	Lig.	Cel	Hcel
Rotación 1	21.59	9.28	77.35	46.91	8.57	6.02	40.89	30.44
Rotacion 2	18.00	8.40	77.66	47.13	8.94	6.39	40.74	30.53

Al igual que los análisis realizados en la finca 1 estos fueron hechos con la finalidad de caracterizar la calidad de pasto.

En el cuadro 4 se observa que existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en las ganancias de peso en el último periodo de engorde y en el tiempo

total del estudio también existen diferencias estadísticas ($P < 0.10$) en la GDP calculada para el segundo periodo de engorde.

El incremento en GDP total por el efecto de la adición de la mezcla de probióticos en la alimentación de los animales de la finca 2 es de 153.82 gr (19.4%), pero el mayor efecto se observó, al igual que en la finca 1, en el último periodo de engorde donde los animales del grupo tratamiento ganaron en promedio 268.67 gr más por día (40.5%) que los animales del grupo testigo (ver cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza para la ganancia diaria de peso de animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos en la finca 2.

Periodo	GDP (gr/día)						Diferencia	Pr>F
	Tratamiento			testigo				
Días	n	x	DS	n	x	DS		
00 a 25	30	1235.87	418.55	30	1179.50	288.38	56.37	0.5460
25 a 50	30	649.97	287.40	30	504.17	297.07	145.80	0.0583
50 a 75	30	932.67	303.15	30	664.00	336.90	268.67	0.0019
00 a 75	30	945.45	221.10	30	791.63	175.40	153.82	0.0041

Las diferencias por el efecto del probiótico en esta finca es mayor que el efecto que encontró Greene (2002) y Huhtanen *et al.* (1996) que en ambos casos es de 120 g/día de GDP en experimentos con machos en engorde suplementado con dietas altas en concentrados y adicionando únicamente *Saccharomyces cerevisiae*. Este incremento adicional que se encontró en este estudio podría deberse al efecto de los otros componentes de la mezcla de probióticos que se utilizó.

En la figura 4 se observa la curva de crecimiento de los animales de los grupos tratamiento y testigo de la finca 2.

Los animales de ambos grupos (ver figura 4) tuvieron una velocidad de crecimiento mayor en el primer periodo de engorde y que para el segundo periodo presentaron una disminución en su ritmo de crecimiento que podríamos atribuir a factores externos (ambientales) puesto que ambos grupos presentaron el mismo comportamiento.

La curva de crecimiento del grupo tratamiento muestra una continuidad ligeramente más sostenida incluso en el segundo periodo de engorde donde asumimos un factor externo que deprimió el crecimiento.

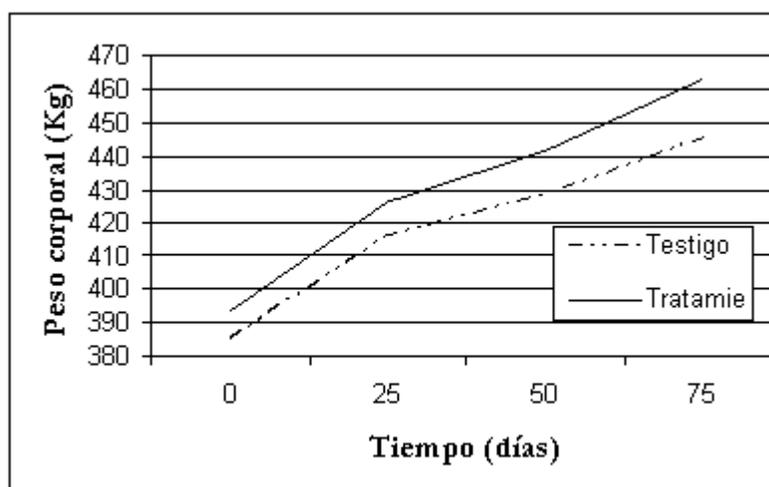


Figura 4. Crecimiento de animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos en la finca 2.

La figura 5 muestra el peso en kg ganado a lo largo del estudio por los animales de ambos grupos en la finca 2. Se puede observar que los animales del grupo

tratamiento en todo momento ganaron más kilos que los animales del grupo testigo y que con el tiempo esta diferencia se hizo cada vez mayor.

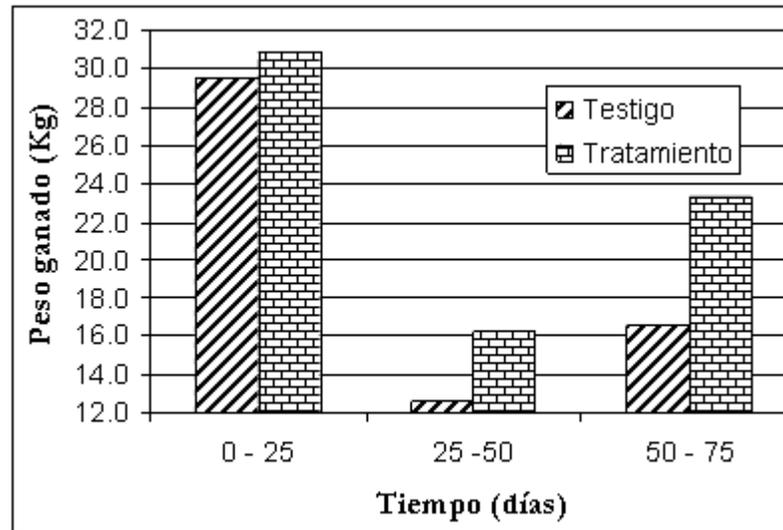


Figura 5. Peso ganado por animales suplementados y no suplementados con una mezcla de probióticos en la finca 2.

En la figura 6 se muestra el peso total promedio incrementado por los animales de cada uno de los grupos de la finca 2. Los animales que consumieron la mezcla de probióticos ganaron 12 kilos más que los animales del grupo testigo en un periodo de 75 días de engorde.

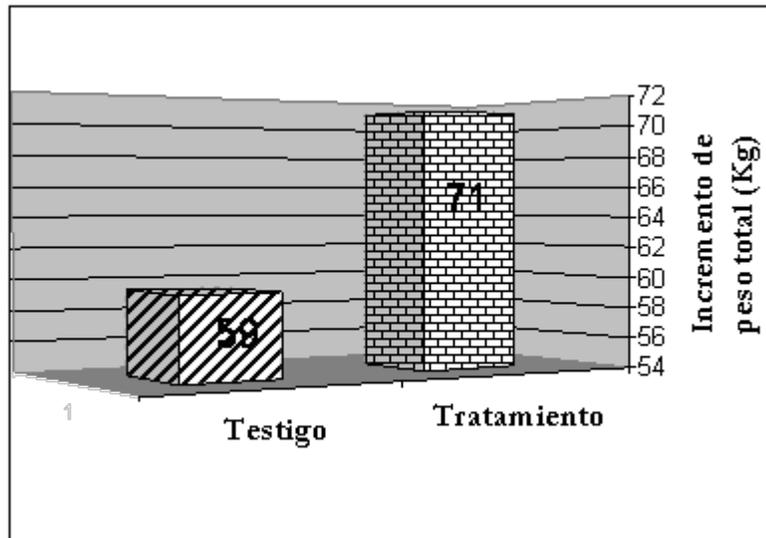


Figura 6. Peso vivo incrementado durante 75 días por animales suplementados y no suplementados en la finca 2.

En la finca 1 (figura 2) también se observó un incremento en la diferencia de la cantidad de kilos ganados a medida que transcurrió el experimento y en la finca 2 (figura 5) esta tendencia es mucho más evidente y consistente. Esta situación es explicable puesto que los probióticos son productos biológicos que requieren un proceso de adaptación en el cual sus beneficios serán menos marcados pero a medida que pasa el tiempo su permanencia y distribución a lo largo del tracto digestivo es más estable y van mejorando condiciones de su medio ambiente como el pH, la salud del epitelio ruminal y la estimulación del sistema inmune del animal. Estas nuevas condiciones favorecen la proliferación de bacterias benéficas, aumentan la tasa de degradación ruminal, aumentan la velocidad de paso de los alimentos, mejoran el consumo, y la absorción de nutrientes y promueven un mejor estado de salud del animal. En suma todas estas mejoras se ven claramente manifestadas en factores productivos como es la ganancia de peso diaria.

Los animales de la finca 1 son animales con menor potencial de ganar peso puesto que son hembras y de grupos raciales con más predominancia de razas cebuina y en algunos casos de razas lecheras. Este hecho junto a que los animales de esta finca no recibieron ninguna alimentación suplementaria (concentrado) hizo que no puedan expresar, en parámetros productivos, los beneficios de los probióticos.

En la finca 2 los animales fueron seleccionados de las subastas locales por ser animales cruzados (Brahaman x *bos taurus*), con características cárnicas más marcadas y por ende un potencial para ganar peso mayor. Por otro lado estos animales recibieron una suplementación de alimento concentrado que, junto a un incremento en su GDP, causó incrementos en la acidez ruminal de los animales que fueron controlados, en el caso de los animales del grupo tratamiento, por la acción de la levadura y el ácido málico que contenía la mezcla de probióticos que se les suplementó como lo reportan Avila *et al.* (1990). Esto permitió que los animales de la finca 2 muestren un efecto del probiótico más grande que los animales de la finca 1.

Con respecto a la acción que tuvieron las enzimas que contenía la mezcla de probióticos utilizada en los animales del grupo control en cada una de las fincas se asume que fue igual en ambas fincas ya que éste componente de la mezcla de probióticos actúa directamente sobre la fibra de los animales y si vemos la caracterización de los pastos de las dos fincas (cuadros 1 y 3) los niveles de fibra contenidos en los pastos son muy similares.

Otro aspecto que pudo reducir el efecto de los probióticos en la finca 1 fue la constancia de la aplicación de los probióticos ya que por condiciones de manejo e infraestructura la mezcla de probióticos no se suministró a los animales los

domingos. Esto pudo tener un efecto puesto que la levadura no coloniza el tracto digesto y para mantener una población constante es necesario su adición diaria.

3.3. Análisis económico.

3.3.1. Finca 1.

El análisis de beneficio neto marginal (BNM) que muestra el cuadro 5 indica el total de colones percibidos (¢/día/animal) por efecto de la adición de una mezcla de probióticos.

En el caso de la finca 1 el beneficio adicional por el efecto de los probióticos resultó negativo tanto en el último periodo de engorde como en el estudio completo. Esto se debe a que los animales del estudio (novillas) tienen un precio más bajo en el mercado que los machos y además el probiótico, bajo las condiciones de esta finca, causó un incremento en la GDP comparativamente más bajo que en las condiciones de la finca 2 (ver cuadro 5) por las razones que se discutieron previamente.

Cuadro 5. Análisis de beneficio neto marginal diario (BNM) para la adición de una mezcla de probióticos tomando en cuenta la ganancia diaria de peso (GDP) obtenida en el periodo 3 y GDP total en la finca 1.

	Sin probióticos		Con probióticos	
	GDP 3	GDP total	GDP 3	GDP total
costo marginal animal por día (¢)				
(Biocel® 38gr/animal/día)	0.00	0.00	67.82	67.82
ingreso Bruto animal por día (¢)				
Venta de carne (380 ¢/kg)	159.09	208.58	194.56	233.57
ingreso marginal animal por día (¢)				
	0.00	0.00	35.47	25.00
Beneficio neto marginal animal por día (¢)				
	0.00	0.00	-32.36	-42.83

3.3.2. Finca 2.

El cuadro 6 muestra el análisis de BNM que indica el total de colones percibidos (¢/día/animal) por efecto de la adición de una mezcla de probióticos en el último periodo de engorde y en el total del tiempo que duró el estudio.

Cuadro 6. Análisis de beneficio neto marginal (BNM) diario para la adición de una mezcla de probióticos tomando en cuenta la ganancia diaria de peso (GDP) obtenida en el periodo 3 y GDP total en la finca 2.

	Sin probióticos		Con probióticos	
	GDP 3	GDP total	GDP 3	GDP total
costo marginal animal por día (¢)				
(Biocel ® 38gr/animal/día)	0.00	0.00	67.82	67.82
ingreso Bruto animal por día (¢)				
Venta de carne (450 ¢/kg)	294.62	353.98	413.82	422.79
ingreso marginal animal por día (¢)				
	0.00	0.00	119.21	68.81
Beneficio neto marginal animal por día (¢)				
	0.00	0.00	51.38	0.99

El BNM de la adición de los probióticos en la finca 2 es de 0.99 (¢/día/animal) pero si se toma únicamente la última etapa del engorde donde los probióticos tuvieron el mayor efecto el BNM se incrementa considerablemente a 51.38 ¢/día/animal. Lo que sugiere que si la adición del probiótico se hiciera durante un tiempo más prolongado antes de mandar a los animales a matadero la rentabilidad del uso de los productos se incrementaría, tomando también en cuenta la tendencia que se observa en las curvas de crecimiento de los animales de ambas fincas del estudio (figuras 1 y 4).

Los mayores beneficios económicos se obtuvieron en el sistema donde se utilizaron animales más especializados, bajo un sistema un tanto más intensivo y

con los animales suplementados con 2 kg de concentrado. Estos resultados se atribuyen a las condiciones generales del sistema que promovieron un mayor beneficio productivo de los probióticos, sumado al mejor precio que se consigue en el mercado local por la carne de novillo castrado (animales de la finca 2) comparativamente al precio en el mercado de la novilla (animales de la finca 1).

4. Conclusión.

La mezcla de levaduras, enzimas y ácidos orgánicos tuvo un efecto positivo sobre la ganancia de peso diaria de los animales evaluados.

El resultado positivo de los probióticos se manifiesta de forma más marcada en animales bajo esquemas de manejo más intensivos, los cuales someten al animal a mayores retos y mayores niveles de estrés.

La ganancia de peso es mayor a medida que transcurrió el tiempo del ensayo presentando los mayores beneficios por efecto del probiótico en la parte final del periodo de engorde.

El beneficio económico por la adición de probióticos en la dieta de animales como los de la finca 2 y bajo las condiciones del estudio es rentable y más aún en el tiempo final del engorde donde los probióticos ya están causando su máximo beneficio, pero no fue así bajo condiciones del ensayo en la finca 1, con los animales que se trabajó y el precio que se obtuvo en el mercado local.

4. Discusión general.

En el capítulo 1 se pudo observar que la mezcla de probióticos utilizada tuvo un efecto positivo sobre la degradación de la fibra del pasto estrella y también incremento los niveles de pH y los mantuvo más uniformes a lo largo del día.

Los efectos encontrados pueden en cierta medida explicar el incremento en la ganancia de peso diaria encontrado en los animales de las fincas de engorde (capítulo 2). Al incrementar la degradación del pasto los animales pueden utilizar los compuestos como proteínas y carbohidratos estructurales de las paredes celulares de los pastos, además la velocidad de paso de la fibra se aumenta y esto puede causar un efecto positivo en el consumo de los animales.

En el capítulo 2 los efectos de los probióticos sobre la ganancia diaria de peso se incrementaron a medida que transcurrió el tiempo del ensayo. Si tomamos en cuenta esto podemos ver que los animales que se utilizaron en la prueba de digestibilidad, que solo consumieron los probióticos por un periodo de 15 días, se encontraban en una fase donde el efecto de los probióticos no es tan grande por esto es que se puede pensar que el efecto sobre la digestibilidad de los pastos en los animales de las fincas durante el tiempo posterior a los 15 días fue mayor que el encontrado en los animales fistulados.

El uso de una mezcla de levaduras, enzimas y ácidos orgánicos como aditivo en la dieta de bovinos tiene efecto positivo sobre el ambiente ruminal que mejoran el aprovechamiento de pastos altos en celulosa como los que se pueden encontrar normalmente en condiciones tropicales, y traducir estos efectos en incrementos en los parámetros productivos como es la ganancia de peso.

El incremento de la ganancia diaria de peso permite obtener animales de mayor peso, menor edad y en un corto tiempo. Esto repercute directamente en factores económicos puesto que los ingresos serán mayores por entregar más cantidad de

carne y de mejor calidad y además de una reducción en los costos variables del sistema de producción por acortarse el ciclo de producción.

5. Conclusión general.

La mezcla de probióticos utilizada como aditivo en los animales del estudio incrementó el pH ruminal y fomentó un pH más estable a lo largo del día.

El uso de una mezcla de levadura, enzimas y ácidos orgánicos aumenta la degradabilidad del pasto estrella principalmente por su efecto sobre la FDA haciendo disponible una mayor cantidad de proteína cruda para el animal.

El efecto de esta mezcla de probióticos sobre parámetros productivos como la ganancia diaria de peso (GDP) es positivo e incrementa cuando se trabaja en sistemas de producción más intensivos.

El incremento en GDP de los bovinos de carne en su fase de engorde por efecto de la mezcla de probióticos utilizada es creciente a medida que pasa el tiempo, pudiendo variar el incremento de GDP desde un 12 a un 40 %

La rentabilidad del uso de esta mezcla de probióticos esta relacionada al grado de intensificación del sistema, al precio que se obtenga por kilo de carne en el mercado y al lapso de tiempo que se utilice el probiótico.

6. Recomendaciones generales.

Como se pudo ver en los resultados del capítulo 2 los efectos benéficos de los probióticos son cada vez mas acentuados logrando un beneficio bastante mayor en el ultimo periodo de las pruebas por esto es que sería recomendable tomar esto en cuenta para futuras investigaciones. Tanto el tiempo que se dio en cada una de las fases del experimento del capítulo 1 como el tiempo de evaluación en

las fincas (capítulo 2) debería ser mayor para poder evaluar el efecto de la mezcla en un periodo de tiempo mas grande.

El beneficio por el uso de probióticos demostró ser mayor en sistemas más intensivos que tienen animales más especializados en la producción de carne y un manejo más organizado, además con una suplementación diaria de concentrado y las condiciones de infraestructura apropiadas, por esto y por el mejor precio que generalmente reciben los animales provenientes de estos sistemas es que el uso de esta mezcla de levaduras, enzimas y ácidos orgánicos es más recomendada bajo estas condiciones. No obstante, en futuras investigaciones sería recomendable el evaluar el efecto de este producto también en sistemas más intensivos como pudiese ser el caso de un estabulado.

Es necesario evaluar mas alternativas para suministrar la mezcla de probióticos en sistemas que no suplementen al ganado con concentrado para garantizar el suministro diario y constante, se puede evaluar la posibilidad de incorporarlo en premezclas o junto a la sal para que el consumo de los animales sea más homogéneo y no se altere el manejo de los animales.

BIBLIOGRAFÍA

- Apligen (Mex.) 1994. Uso de probióticos en rumiantes; programa completo. México. p. 14.
- Auclair, E 2001. Uso de enzimas que digieren polisacáridos diferentes al almidón (NSP) en Rumiantes. Lesaffre Développement, 147 rue G.Peri, BP 6027, 59706 Marcq en Baroeul Cedex, France.
- Avila, G Shimada S; Llamas G 1990. Anabólicos y Aditivos en la Producción Pecuaria. Consultores en Producción Animal, S. C. Sistemas en Producción Continua en Producción Animal en México, A. C. México D. F., México. p. 253.
- Ayala, O 1992. Efectos de la adición de (*Saccharomyces cerevisiae*) y una mezcla melaza urea en un valor nutricional de paja de Cártamo (*Corthamus tinchoricus*) en ovinos. Tesis de Maestría. Centro de ganadería. Colegio de posgrados. Montecillo, México. Citado por: Neftali 1999. La inclusión de cultivos de levadura como aditivo en la alimentación de bovinos de leche. Tesis de grado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia, Escuela de Zootécnia. Guatemala, Guatemala. p 36.
- Bolaños, R; Watson V. 1993. Mapa Ecológico de Costa Rica. Según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de Holdridge L. Centro Científico Tropical. ESC 1:200000. Son José Costa Rica.
- Boschini C; Amador A 2001. Degradabilidad ruminal de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) en diferentes etapas de crecimiento. Agronomía Mesoamericana 12(2): 169-174.

- Buhler, M; Limpon J; Muler A; Scharz G; Simon O; Sommer H; Spring W 1998. Las Enzimas en la Nutrición Animal. Arbeitsgemeinschaft Fur, Wirkstoffe in der Tierernahrung e.v. (AWT), RoonstraBe, Alemania. p 47.
- Cañas, R 1995. Alimentación y nutrición Animal, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile, Chile. p. 576.
- Carro, M; Ranilla M 2000. Utilización de ácidos orgánicos en la alimentación de los rumiantes. Mundo Ganadero, Octubre (nº 126) España.
- Carro, M; Ranilla M 2002. Los aditivos antibióticos promotores del crecimiento de los animales: Situación actual y posibles alternativas. Albeitar, Mayo 2002 España.
- Davis, C. L. 1993. Alimentación de la Vaca Lechera Alta Productora. University of Illinois. Illinois, USA. P. 12.
- Dutta T K; Kundu S S; Sharma D D 2001. Potential of probiotics supplementation on in vitro rumen fermentation and 35S incorporation in microbial protein. Indian. Journal of Animal Nutrition. 2001, 18: 3, 227-234.
- Enjalbert, F; Garrett, J; Moncoulon, R; Bayourthe, C; Chicoteau, P 1999. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal digestion in non-lactating dairy cows. Animal Feed Science and technology 76 (1999) 195-206.
- Erausmus, L J 1992. La Importancia de los Perfiles Duodenales de Aminoácidos en Vacas Lecheras y los Cambios Significativos de estos Perfiles al uso del Yea-Sacc. In Biotecnología en la Industria de la Alimentación Animal. México, Alpligén. V. 3, p 13, 33.
- Espinoza, A J 1983. Consumo y parámetros de digestión en rastrojos de maíz cultivado solo o en asocio con leguminosas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 71 p

- Fallon, R J; Harte, F S 1987. The Affect of yeast culture inclusion in the concentrate diet on calf performance. *Journal of Animal Science*. USA. 70 (Suppl. 1): 119.
- Feng, P; Hunt, C W; Pritchard, G T; Julien, W E 1996. Effect of enzyme preparations on in situ and in vitro degradation and *in vivo* digestive characteristics of nature coolseason grass forage in beet steers. *Journal Animal Science*, 74, 1349-1357.
- Fiems L O; Cottyn B G; Boucque C V 1995. Effect of yeast supplementation on health, performance and rumen fermentation in beef bulls. *Archives of Animal Nutrition*. 1995, 47: 3, 295-300.
- Flores, M; Romano J 2002. Alfalfa de diferente calidad adicionada con enzimas fibrolíticas y su efecto en el comportamiento productivo de becerros holstein. V Seminario internacional, Microbiología aplicada a nutrición animal. Guadalajara, Mexico. 4p.
- Fuller, R 1989. Probiotics in man and animals. *Journal op Applied Bacteriology (USA)* 66:365-387. In *Biotechnology in animal feeds and animal feeding*. S.f. Ed. by R. Jhon Wallace and Andreu Chesson. New Cork, VCH p. 202.
- Greene, L W; Mc Bride K W; Scaglia G; Williams J J 2000. Uso de p7 y biosaf en dietas de rumiantes bajo condiciones de pastoreo o corral en engorda. Texas A&M University System, Texas Agriculture Experiment Station. Amarillo, TX, USA 14 p.
- Greene, L W 2002. Producción de ganado de carne en lote de engorda y pastoreo en los Estados Unidos y el uso de *Saccharomyces cerevisiae* para mejorar la eficiencia en la producción. V Seminario internacional, Microbiología aplicada a nutrición animal. Guadalajara, Mexico. 5 p.

- Holdridge, S J 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. 206 p
- Hristov, A N; McAllister, T A ; Cheng, K J 2000. Intraruminal supplementation with increasing levels of exogenous polysaccharide-degrading enzymes: Effects on nutrient digestion in cattle fed a barley grain diet. *Journal Animal Science*, 78, 477-487
- Huhtanen P; Hissa K 1996. The influence of molasses and yeast culture on the performance of growing bulls on grass silage-based diet. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 1996, 5: 3, 201-214.
- Infocarne 2002. Página web, <http://www.infocarne.com/index.asp>. Copyright www.infocarne.com, España.
- Johnson, B 2000. Efectos de la suplementación de Biosaf Sc47 sobre el Comportamiento Productivo de Ganado de Carne Durante el Periodo de Recepción y Calidad de Canal. Kansas State, University, Dept. Of Animal Sciences 126 call Hall Manhattan, KS, USA. p 14.
- Kung, L Jr, Huber, J T, Krummrey, J D, Allison, L; Cook, R M 1982. Influence of adding malic acid to dairy cattle rations on milk production, rumen volatile acids, digestibility, and nitrogen utilization. *Journal Dairy Science*. 65, 1170-1174.
- Lázaro, R; Mateos, G 2000. Ácidos orgánicos: una alternativa a los promotores de crecimiento en alimentación animal. *Albéitar*, N° 33, 24-26.
- Martin, S A, Streeter, M N, Nisbet, D J, Hill, G M y Williams, S E 1999. Effects of DL-malate on ruminal metabolism and performance of cattle fed a high-concentrate diet. *Journal Animal Science*. 77, 1008-1015. Citado en: Carro, M; Ranilla M 2000. Utilización de ácidos orgánicos en la alimentación de los rumiantes. *Mundo Ganadero*, Octubre (n° 126) España.

- Medina, R Y 1980. Tasa de digestión y digestibilidad potencial ruminal de materiales fibrosos en función de niveles de almidón suplementario. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R. CATIE 69 p
- Neftali 1999. La inclusión de cultivos de levadura como aditivo en la alimentación de bovinos de leche. Tesis de grado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Escuela de Zootecnia. Guatemala, Guatemala. p 36.
- Newbold 1996. Manipulando el Rumen: una mirada de cerca los aditivos funcionales. In Biotecnología en la industria de la alimentación animal. México, Apligen. V.4, p. 41 – 53.
- Newbold, C J; McIntosh, F M; Wallace, R J 1998. Changes in the microbial population of a rumen-simulating fermenter in response to yeast culture. Canada. Journal Animal Science June 1998. v. 78 (2) p. 241-244.
- Orskov, E R; Hovell, R O; Mould, F 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Producción Animal Tropical (R.D.) 5(3): 213-233.
- Panda A K; Rameshwar S; Pathak N N; Singh R 1999. Effect of dietary inclusion of *Saccharomyces cerevisiae* on rumen fermentation in crossbred calves. Indian. Journal of Animal Nutrition. 1999, 16: 4, 291-294.
- Parker, R B 1974. Probiotics. Other half of the antibiotics story. Animal Nutrition Health. (USA) 29:4-8. In Biotechnology in animal feeds and animal fiding. S.f. Ed. By R. John Wallace and Andrew Cheson. New Cork, VCH. p. 207.
- Pérez E. 1999. La Situación de la Ganadería en Centroamérica. Capítulo 1, Intensificación de la ganadería en Centro América, Beneficios Económicos y Ambientales. San José Costa Rica.

- Pineda, S; Donato, R; Cedeño, D 2000. Andrología y trastornos digestivos en el bovino. Programa de medicina veterinaria, Facultad de ciencias pecuarias, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. p. 149.
- Plata, P 1992. Efectos de un probiótico (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación ruminal, digestibilidad *in situ* en el consumo en bovinos alimentados con tres niveles de paja de avena. Tesis de maestría. Centro de Ganadería. Colegio de postgrado. Montecillo, México. Citado por: Neftali 1999. La inclusión de cultivos de levadura como aditivo en la alimentación de bovinos de leche. Tesis de grado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Escuela de Zootecnia. Guatemala, Guatemala. p 36.
- Pomareda C. 1992. El entorno Macroeconómico y la Sostenibilidad de la ganadería. Programa de Análisis y Planificación de las políticas Agrarias, Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 26 p.
- Raman M; Sharma D D; Malik R 1998 In vitro evaluation of different probiotics as feed supplement. Indian. Journal of Dairy Science. 1998, 51: 6, 357-362.
- Rode, L M ; Yang, W Z ; Beauchemin, K A 1999. Fibrolitic enzyme supplements for dairy cows in early lactation. Journal of Dairy Science, 82, 2121-2126
- Rodríguez, P 2000. Fibra Soluble y su implicación en Nutrición Animal: Enzimas y probióticos. XIV Curso de especialización. Avances en nutrición y alimentación animal, FEDNA. p. 17.
- Rodríguez, O 1994. Efectos de la adición de probiótico *Saccharomyces cerevisiae* a la dieta de vacas holstein en producción durante el primer tercio de su lactancia. In. Biotecnología en la industria de la alimentación animal. México, Aplingén: v.4 p. 245-254.

- Rose, A H 1987. Yeast culture. A microorganism for all species: a theoretical look at its mode of action. In Biotechnology in the feed industry. P. 113 –118.
- Saha, S K; Senani, S; Padhi, M K; Shome, B R; Shome, R; Ahlawat, S 1999. Manipulation of rumen fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* as probiotics. Current-Science (India). 1999, v. 77(5) p. 696-697
- Varga, G A; Kolver, E S 1997. Microbial and animal limitations to fiber digestion and utilization Journal Nutrition, 127, 819S-823S.
- Vasquez, A 1982. Estudio detallado de los suelos de la estación experimental de ganado lechero El Alto. Escuela de Fitotecnia. Facultad de agronomia. Universidad de Costa Rica. p. 36. En Boschini C; Amador A 2001. Degradabilidad ruminal de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) en diferentes etapas de crecimiento. Agronomía Mesoamericana 12(2): 169-174.
- Williams, P E V; New bold, C J 1990. Rumen Probiosis: The Effects of Novel microorgams on rumen fermentation and ruminant productivity. In. Recent Advances in Animal nutrition 1990. W. Haresing and D. J. A. Cole, eds. Butterworths, London. P. 211-227.
- Williams, P E V; Tait, C A G; Innes, G M; New bold, C J 1991. Effects of the 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 sheep and steers. Journal Animal Sience, 69, 3016.