

SUPLEMENTACION DE LA DIETA DE VACAS LECHERAS CON CULTIVO  
SECO DE LEVADURA Saccharomyces cerevisiae (YEA-SACC R) Y SU  
EFECTO EN LA PRODUCCION Y COMPOSICION DE LA LECHE

MICROFIS:	5,402
FECHA:	23/11/92
ENCARGADO:	VILLARREAL

P O R

*Julio Eduardo Miranda Vargas*

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA

OBTENCION DEL TITULO DE

**INGENIERO AGRONOMO**

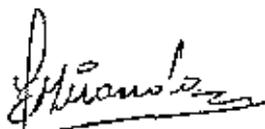
**ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA**

Agosto de 1992

SUPLEMENTACION DE LA DIETA DE VACAS LECHERAS CON CULTIVO SECO  
DE LEVADURA Saccharomyces cerevisiae (YEA-SACC<sup>R</sup>) Y SU  
EFECTO EN LA PRODUCCION Y COMPOSICION DE LA LECHE.

POR:  
JULIO EDUARDO MIRANDA VARGAS

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines se reservan los derechos del autor.



---

Julio E. Miranda Vargas

Agosto de 1992

## DEDICATORIA

A mis padres:

Julio Miranda Guerrero  
Fanny Vargas de Miranda

Quienes con su cariño, apoyo y sacrificio hicieron posible la obtención de esta meta.

A mis hermanos: Por el apoyo y cariño que siempre me brindaron.

A Lilitiana: Por su comprensión y gran amor, los cuales fueron el estímulo para la culminación de esta meta.

## AGRADECIMIENTO

A mis asesores:

Dr. Miguel Vélez N., por sus valiosas enseñanzas, ayuda y paciencia en la revisión de este trabajo.

Ing. Aurelio Revilla, por su colaboración y dirección en la realización de este trabajo, especialmente por la amistad que me brindó.

Dr. Antonio Flores, por su ayuda y consejos que fueron guía para la culminación de este trabajo.

A los doctores:

Isidro Matamoros y Leonardo Corral, por su colaboración en los análisis estadísticos y en la interpretación de los resultados.

A mis compañeros:

Especialmente: Rogel Castillo, Ernesto Dalponte, Jorge Medrano, Rolando Mosquera, Mardoqueo Morales, Alvaro Suárez y Santiago Villafuerte; por haber compartido los buenos y malos momentos.

A la familia:

Guillén Budder, por haberme brindado la oportunidad de tener un segundo hogar.

A la empresa:

ALLTECH, Biotechnology In The Feed Industry, por el financiamiento de este trabajo.

A los señores:

Amado Benavides y Anselmo Guillén por su colaboración en el trabajo de campo.

## INDICE GENERAL

1.	INTRODUCCION.....	1
1.1	Objetivos.....	3
2.	REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1.	Generalidades.....	4
2.2.	Organismos ruminales.....	5
2.3.	Interacciones de los microorganismos en el rumen.....	6
2.4.	Uso de levaduras en alimentos para rumiantes.....	6
2.5.	Cultivo de levadura.....	8
2.6.	Alteración de la fermentación ruminal: Cambios en el patrón de fermentación ruminal en respuesta a los cultivos microbianos.....	9
2.7.	Digestibilidad del material alimenticio.....	11
2.8.	Crecimiento de la levadura: Supervivencia en el ambiente ruminal.....	13
2.9.	Interacción entre pH y crecimiento de la levadura: Efecto del cultivo de levadura sobre el pH del rumen.....	14
2.10.	Efecto de la levadura sobre los procesos digestivos.....	17
2.11.	Efecto del cultivo de levaduras sobre la degradación de la fibra: Digestión microbial de la fibra.....	18
2.11.1.	Factores que afectan la digestión de la fibra en el rumen.....	20
2.12.	Efecto del cultivo de levadura sobre la producción de metano en el rumen.....	21
2.13.	Efecto del cultivo de levaduras sobre los carbohidratos rápidamente fermentables en el rumen.....	22
2.14.	Efecto del cultivo de levaduras sobre la producción de proteína microbiana.....	23
2.15.	Requerimiento de nitrógeno por los microorganismos.....	24
2.16.	Efecto nutricional del cultivo de levaduras...	24
2.17.	Efecto del cultivo de levaduras sobre la nutrición de minerales traza.....	25
2.18.	Efecto de cultivos Microbianos sobre la población microbiana del rumen.....	26
2.19.	Respuestas productivas obtenidas de la adición de cultivos microbianos en las dietas para rumiantes.....	27
2.20.	Modelo de los efectos del cultivo de levaduras en el rumen.....	29

3. MATERIALES Y METODOS.....	31
3.1. Ubicación del ensayo.....	31
3.1.1. Clima.....	31
3.2. Unidades experimentales.....	32
3.3. Alimentación.....	33
3.3.1. Epoca lluviosa: Forrajes.....	33
3.3.2. Epoca seca: Ensilaje.....	33
3.3.3. Concentrado.....	34
3.3.4. Aditivo.....	35
3.4. Tratamientos experimentales.....	35
3.4.1. Tratamiento testigo.....	35
3.4.2. Tratamiento suplementado con YEA-SACC.....	35
3.5. Variables medidas.....	36
3.6. Diseños experimentales.....	36
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	38
4.1. Producción de leche.....	38
4.2. Composición de la leche.....	40
4.2.1. Contenido de grasa.....	40
4.2.2. Contenido de proteína.....	41
4.3. Análisis Económico de los tratamientos.....	43
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
6. RESUMEN.....	47
BIBLIOGRAFIA.....	49
ANEXOS.....	54

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1.- Temperatura y precipitación durante el período experimental.....	32
Cuadro No. 2.- Composición química de los alimentos usados en la época seca.....	34
Cuadro No. 3.- Composición del concentrado.....	34
Cuadro No. 4.- Composición del aditivo YEA-SACC, presentada por el fabricante, y por análisis hechos en la E.A.P.....	35
Cuadro No. 5.- Distribución de los grados de libertad (gl) para el análisis estadístico de las variables medidas en los primeros 180 días de experimentación.....	37
Cuadro No. 6.- Distribución de grados de libertad (gl) para el análisis estadístico del promedio de las observaciones por vaca de las variables evaluadas durante todo el período experimental.....	37
Cuadro No. 7.- Producción de leche corregida al 4 % de grasa y consumo de concentrado por vaca por día durante los primeros 180 días experimentales.....	38
Cuadro No. 8.- Producción promedio de leche corregida al 4 % de grasa y consumo de concentrado por vaca por día durante todo el período experimental.....	39
Cuadro No. 9.- Contenido y producción de grasa por vaca por día durante los primeros 180 días experimentales.....	40
Cuadro No. 10.- Contenido y producción promedio de grasa por vaca por día durante todo el período experimental.....	41
Cuadro No. 11.- Contenido y producción de proteína por vaca por día durante los primeros 180 días experimentales.....	42

Cuadro No. 12.- Contenido y producción promedio de proteína por vaca por día durante todo el período experimental.....	42
Cuadro No. 13.- Balance energético.....	44
Cuadro No. 14.- Análisis económico de la suplementación con levadura.....	44

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.- Relación acetato : propionato en el rumen en presencia o ausencia de cultivo de levaduras.....	55
ANEXO 2.- Cambio del pH del rumen de novillos que recibieron una dieta con o sin levadura.....	56
ANEXO 3.- Concentración de lactato en el rumen en presencia o ausencia de levaduras.....	57
ANEXO 4.- Digestión <u>in situ</u> del heno en el rumen de novillos que recibieron una dieta con o sin cultivo de levaduras.....	58
ANEXO 5.- Degradación de la celulosa por las bacterias ruminales en presencia o ausencia de células de levadura.....	59
ANEXO 6.- Modelo de los efectos del cultivo de levaduras.....	60
ANEXO 7.- Precipitación mensual en la Escuela Agrícola Panamericana de enero de 1991 a abril de 1992.....	61
ANEXO 8.- Temperaturas máximas y mínimas en la Escuela Agrícola Panamericana durante el período experimental.....	62
ANEXO 9.- Media de las observaciones para cada variable dentro de cada tratamiento durante los primeros 180 días.....	63
ANEXO 10.- Análisis de varianza para la producción de leche corregida al 4% de grasa (kg/vaca/día) durante los primeros 180 días.....	63
ANEXO 11.- Análisis de varianza para el contenido de grasa (%) durante los primeros 180 días.....	64
ANEXO 12.- Análisis de varianza para el contenido de proteína (%) durante los primeros 180 días.....	64

ANEXO 13.-	Análisis de varianza para la producción de grasa (kg/vaca/día) durante los primeros 180 días.....	85
ANEXO 14.-	Análisis de varianza para la producción de proteína (kg/vaca/día) durante los primeros 180 días.....	85
ANEXO 15.-	Análisis de varianza para el consumo de concentrado (kg/vaca/día) durante los primeros 180 días.....	86
ANEXO 16.-	Promedio de las observaciones por vaca para las variables dentro de los tratamientos durante todo el período experimental.....	86
ANEXO 17.-	Análisis de varianza para la producción de leche al 4% de grasa promedio para todo el período experimental.....	67
ANEXO 18.-	Análisis de varianza para el contenido de grasa promedio (%) para todo el período experimental.....	67
ANEXO 19.-	Análisis de varianza para el contenido de proteína promedio (%) para todo el período experimental.....	67
ANEXO 20.-	Análisis de varianza para la producción de grasa promedio (kg/vaca/día) para todo el período experimental.....	68
ANEXO 21.-	Análisis de varianza para la producción de proteína promedio (kg/vaca/día) para todo el período experimental.....	68
ANEXO 22.-	Análisis de varianza para el consumo de concentrado promedio (kg/vaca/día) para todo el período experimental.....	68

## 1. INTRODUCCION

La crisis alimentaria en el trópico es cada vez mayor debido a la alta tasa de crecimiento poblacional, que supera en muchos casos al aumento en la producción de alimentos.

La vaca lechera es un medio para convertir alimentos no utilizables por el humano, en un alimento con alto valor nutricional y difícil de sustituir, como es la leche. La necesidad de producir cada vez más alimento, demanda que la producción animal en el futuro involucre una combinación de tecnologías, incluyendo las nuevas biotecnologías. Además actitudes cambiantes hacia el alimento, su producción y en general hacia la calidad de vida, tendrán un gran impacto en el papel del nutricionista.

Dentro de la amplia gama de aditivos empleados en la alimentación animal, existen compuestos de origen microbiano, que por sus características naturales, representan una alternativa como adyuvantes en los procesos fermentativos en el tracto digestivo de los animales.

De interés particular es el uso de microorganismos para modificar la función ruminal. Estudios recientes han demostrado respuestas positivas a la suplementación con aditivos formados por hongos, específicamente con cultivos vivos de levaduras del tipo Saccharomyces cerevisiae.

Las levaduras se han usado por mucho tiempo como fuentes

protéicas en la alimentación animal; sin embargo, recientemente ha crecido el interés por el uso de pequeñas cantidades de cultivo de levaduras y mohos, como aditivos en las dietas para rumiantes, ya que con estos productos se ha encontrado mejoras en la producción de vacas en lactación.

Con estos antecedentes, se realizó el presente experimento utilizando como suplemento de la dieta de las vacas lecheras de la Escuela Agrícola Panamericana, un cultivo de levaduras (Saccharomyces cerevisiae), comercializado bajo el nombre de YEA-SACC.

### 1.1. Objetivos.-

Estudiar el efecto del uso de levaduras vivas en la producción de leche, grasa y proteína, de vacas lactantes en pastoreo durante la época lluviosa y en estabulación durante la época seca.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades:

Los mohos y las levaduras son considerados como dos grupos distintos de hongos. Los mohos, normalmente producen filamentos ramificados llamados micelio, y las levaduras, generalmente son unicelulares. Sin embargo, no existe una verdadera distinción; puesto que, bajo ciertas condiciones, algunos mohos adoptan una forma semejante a las levaduras, mientras que cierto número de levaduras normalmente unicelulares pueden producir micelio (Baumgartner y Herson, 1959).

La diferenciación de las levaduras está basada principalmente en sus métodos de reproducción, pero ellos solos no constituyen base suficiente para la separación de las especies, siendo factores de importancia el diagnóstico de las reacciones bioquímicas y las características culturales (Smith, 1963).

Dentro de la clasificación de los hongos, las levaduras se sitúan en el grupo de los ascomicetos. Su reproducción tiene lugar por gemación, escisión o formación de esporas. La multiplicación vegetativa de la mayoría de las levaduras de importancia industrial es generalmente por gemación (Baumgartner y Herson, 1959). La reproducción sexual es usualmente heterotálica y da por resultado la formación de cuatro u ocho esporas en un saco, que recibe el nombre de asca,

de ahí el nombre de ascospora. Esta formación se observa en levaduras como la S. cerevisiae (Brock y col., 1987).

## 2.2. Organismos ruminales:

Los ruminantes constituyen una forma de adaptación de los herbívoros que con sus propias enzimas son incapaces de desdoblar la celulosa presente en las plantas forrajeras; pero que pueden utilizarla gracias a la presencia de los microorganismos del rumen, y los productos finales de la acción de éstos, esencialmente, ácidos grasos volátiles y proteínas microbianas, son aprovechados por el ruminante (Kolb, 1976).

Las principales clases de microorganismos del rumen son las bacterias y los protozoos, aunque también se encuentran cantidades apreciables de levaduras. Las condiciones del rumen son anaeróbicas por lo que las formas microbianas encontradas son casi todas anaerobias obligadas o facultativas (Church, 1974).

Aparentemente los hongos son los primeros organismos en invadir y digerir el componente estructural de las plantas, comenzando en la parte interna (Akin, 1983; citado por Preston y Leng, 1989). La lesión que causan los hongos a las partículas de alimento permite que las bacterias las colonicen. Por lo tanto son de gran importancia en el inicio de la degradación fermentativa de materiales insolubles, y su presencia acelera la digestión de la fibra (Preston y Leng, 1989).

### 2.3. Interacciones de los microorganismos en el rumen:

Las poblaciones de microorganismos en el rumen varían de acuerdo al tiempo que ha transcurrido después de comer, entre días, y aparentemente entre animales con al mismo alimento.

Las interacciones entre los microorganismos del rumen son complejas y no siempre traen ventajas al huésped. Se ha demostrado que poblaciones grandes de protozoarios reducen la productividad animal, ya que compiten por nutrientes con los hongos o reducen su crecimiento por otros medios. La eliminación de los protozoarios conlleva un aumento en el número de bacterias en el licor ruminal; en ovejas, la digestibilidad aparente de la materia seca aumentó en un 18 % cuando se eliminaron los protozoarios (Soetanto, 1988; citado por Preston y Leng, 1989). Esto se debe en parte a una disminución en la relación de aminoácidos a energía en los productos absorbidos a través de la digestión. Sin embargo, y posiblemente de mayor importancia es que aparentemente los protozoarios reducen la biomasa de bacterias y hongos en el rumen de animales que reciben dietas altas en fibra, y por lo tanto se reduce la tasa de digestión de los alimentos fibrosos.

### 2.4. Uso de levaduras en alimentos para rumiantes:

Los hongos ruminales evolucionaron junto con los rumiantes y probablemente contribuyeron a su supervivencia, sin embargo, solo recientemente fueron detectados por los expertos en ruminología (Gomez y Llamas, 1990).

Ciertas levaduras y mohos aeróbicos son habitantes normales del rumen, pero la mayoría de las especies son consideradas como pasajeras y no funcionales, que entran al rumen con el alimento (Orpin, 1988; citado por Williams, 1989).

Los aditivos desarrollados con base en cultivos microbianos se clasifican en dos grupos: los basados en bacterias, generalmente lácticas, y que se destinan principalmente a monogástricos o a rumiantes lactantes que aún no tienen un rumen funcional; y los basados en levaduras o mohos, desarrollados principalmente para rumiantes, aunque también han sido usados en monogástricos (Gomez y Llamas, 1990).

Los aditivos que se usan en rumiantes se han basado principalmente en la levadura *S. cerevisiae*, pero existen otros basados en cultivos de mohos como el *Aspergillus oryzae* (Lyons, 1987).

Se conocen aproximadamente 600 especies de levadura agrupadas en 60 géneros (Kreger-vanrij, 1984-1987; citado por Rose, 1987). El género *Saccharomyces*, del cual se describen 41 especies, ha sido el de mayor interés para la industria; sin embargo, especies afines a *S. uvarum* son también utilizadas en la industria; ya que tienen la habilidad de absorber y fermentar un amplio rango de azúcares incluyendo la sacarosa, glucosa, fructosa y maltosa (Lyons, 1987).

## 2.5. Cultivo de levadura:

La definición oficial de "cultivo de levadura" dado por la "Association of American Feed Control Officials Incorporated", (AAFCO) (1986; citado por Lyons, 1987) es la siguiente:

Cultivo de levadura es el producto seco, compuesto de levadura y el medio sobre el cual se desarrolla, secado de tal manera que preserva la capacidad fermentativa de la levadura.

Rose (1987) postuló que las levaduras usadas en la alimentación deben reunir las siguientes características:

- Habilidad de producir ácido glutámico, el cual incrementa la palatabilidad.
- Crecer en el pH de 6.0 - 6.5 del rumen. Ya que el pH óptimo para las levaduras es de 4.5, la tasa de crecimiento es lenta; sin embargo, la tasa de expresión de nucleótidos, aminoácidos y vitaminas de la célula de levadura aumenta.
- Habilidad de remover oxígeno.

La levadura está protegida por una pared celular, que puede constituir el 30 % del peso de la levadura y tener entre 100 - 200 nanómetros de ancho; ésta tiene una alta capacidad de absorción y puede actuar como reservorio de nutrientes, y como amortiguador de pH. La levadura misma contiene aproximadamente 50 % de proteína, 40 % de carbohidratos, 2 % de grasa y 8 % de minerales. La presencia del medio en el que creció la levadura, es de primordial importancia para que el cultivo de levadura sea efectivo en las condiciones adversas del rumen (Lyons, 1987).

YEA-SACC es el cultivo de levaduras de una cepa seleccionada de S. cerevisiae secada a una temperatura lo más baja posible, para retener la viabilidad de las células (Rose, 1987).

## 2.8. Alteración de la fermentación ruminal: Cambios en el patrón de fermentación ruminal en respuesta a los cultivos microbianos.

El ecosistema del rumen es uno de los sistemas de fermentación más activos que se conocen, con más de  $10^{10}$  a  $10^{11}$  organismos por  $\text{cm}^3$ , en el rumen y el intestino de ganado vacuno y ovino (Offer, 1990).

Dos aspectos importantes en la fermentación ruminal, son los requerimientos para celulolisis y para la síntesis de proteína microbiana; la importancia de estos dos procesos varía de acuerdo a la composición del alimento y al sistema de producción animal (Williams, 1989).

Entre los efectos de la adición de levaduras está un aumento en el pH del rumen, lo que sugiere que se afecta positivamente la viabilidad de las bacterias celulolíticas y mejora la eficiencia de digestión de la fibra. Además disminuye el nivel de amonio, ya que éste es usado en la síntesis de proteína bacteriana, que conlleva a un aumento en el número bacterias, lo que también significa un aumento en la proteína microbiana suministrada a la vaca, lo cual tiene un efecto positivo sobre la producción de proteína en la leche (Dawson y

Newman, 1987; Harrison y col., 1987; Dildey, 1988).

Los principales productos de la fermentación microbiana son los ácidos acético, propiónico y butírico, en una relación aproximada de 60:20:10, si-bien, esta proporción varía de acuerdo a la dieta. En cultivos puros, solamente se producen algunos de los productos del fluido ruminal; ya que en el rumen hay una alimentación cruzada, en donde el producto de una especie es el sustrato de crecimiento para otra. Así, la utilización de succinato por Selenomonas ruminantium, producido por Bacteroides succinogenes, es un ejemplo de cocultivo que fue demostrado por Scheifinger y Wolin (1973; citado por Wallace, 1982).

La adición de cultivo de levaduras causa una alteración en la proporción de los ácidos grasos volátiles (Dildey, 1988). Mucho del trabajo sobre los efectos de los cultivos microbianos en el rumen ha involucrado la determinación de las concentraciones y la proporción de ácidos grasos volátiles, como indicadores de la actividad microbiana; Williams y col. (1991), encontraron que el cultivo de levaduras, redujo significativamente la relación acetato : propionato en el líquido ruminal de novillos de 3.3 a 2.8 ( $P < 0.01$ ), como se muestra en el Anexo 1.

La concentración molar de ácidos grasos en el líquido ruminal de novillos, que recibieron levaduras en una dieta de heno más cebada, tendieron a ser más bajos que en el de los animales control. La concentración, en tres novillos con seis

muestreos cada 12 horas, fue de 73 y 78 mM para las dietas con y sin levadura respectivamente (Williams y col., 1991).

## 2.7. Digestibilidad del material alimenticio:

Cuando se suplementa con levaduras hay un aumento en la absorción de nutrientes, lo que puede ocurrir debido a cambios en la metabolización de la dieta o a aumentos en el consumo de alimento (Williams y col., 1991).

La eficiencia digestiva es modificada por cuatro mecanismos interrelacionados:

- El aumento de la población microbiana conlleva una degradación más eficiente de la fibra, con esto se tiene más carbohidratos primarios aprovechables de la ración de fibra (Dilley, 1988).
- Hay una menor producción de metano (Williams, 1988).
- Los cultivos de levaduras tienen la capacidad de formar quelatos minerales y hacerlos biológicamente más utilizables por el animal. Puesto que varios minerales son parte integral del sistema enzimático o están involucrados en el metabolismo nutricional de otras maneras; este aumento en el aprovechamiento de los minerales mejora la utilización del alimento.
- Durante su propio proceso metabólico, las levaduras vivas, secretan enzimas y vitaminas que suplementan la producida por el animal y mejoran en conjunto el proceso digestivo.

El aumento de la digestibilidad observado tiene como

efecto mejorar el apetito y así el consumo de materia seca. Esto puede contribuir a proveer los nutrientes requeridos para aumentar la producción de leche y sus componentes (Dildey, 1988).—

Sin embargo, Williams y col. (1991), midieron la digestibilidad de dietas completas en vacas lecheras, y también la de dietas con cebada molida más ensilaje, suministradas a ovejas con o sin cultivo de levaduras (Yea-sacc). El coeficiente de digestibilidad de la materia seca, en las dietas suministradas a las vacas sin cultivo de levadura fue de 0.63 y con cultivo fue de 0.64, y en las de ovejas de 0.76 y 0.77 respectivamente.

Harrison y col. (1988), tampoco encontraron cambios en la digestibilidad aparente de la materia seca, o de los componentes de la dieta, cuando ésta fue ofrecida *ad libitum* a vacas lecheras con o sin cultivo de levaduras (Diamond V). Esto contrasta con los resultados obtenidos por Wiedmeier y col. (1987) con el mismo cultivo de levaduras, donde se mejoró significativamente la digestibilidad de la materia seca, la proteína cruda y la hemicelulosa.

Por su parte Alarcón (1988; citado por Williams, 1989), no encontró cambios en la digestibilidad total de la materia seca, pero sí en la digestibilidad de la proteína cruda, ~~y~~ la fibra neutro y ácido detergente, cuando se añadió cultivo de levaduras a la dieta de vacas lecheras.

Las inconsistencias en el efecto de la adición de

levaduras sobre la digestibilidad son difíciles de explicar. Parece que cambia el sitio de digestión, y que la digestión total en el tracto no da un indicio representativo de los efectos del cultivo microbiano en el rumen; ~~ya que~~, cambios en el sitio de la digestión, pueden tener efectos significativos sobre la naturaleza de los productos absorbidos y su retención en el cuerpo (Wiedmeier y col., 1987).

#### 2.8. Crecimiento de la levadura: Supervivencia en el ambiente ruminal.

Estudios realizados hace varios años demostraron la capacidad de crecimiento de la *S. cerevisiae* bajo condiciones anaeróbicas (Androesen y Stier, 1963; citado por Williams, 1988), y que tal crecimiento puede ser mejorado por la presencia de ácidos grasos insaturados, un esteroi y ácido nicotínico (Rose, 1987).

Arambel y Rung-Syng Tung (1988, citado por Williams, 1989) concluyeron que *S. cerevisiae* es incapaz de mantener una población productiva en el ecosistema del rumen, y que el fluido ruminal centrifugado y esterilizado, no es un medio de crecimiento para la levadura. Además a la temperatura del rumen (39 °C), la viabilidad de la levadura disminuye.

Esto no significa que la levadura no sea viable, Dawson (1987) utilizando simuladores ruminales, observó que con una ración de 75 % forraje y 25 % concentrado, la concentración de células de levadura fue de 3 a 6 veces mayor a la presente en

el suplemento; lo que indica que *S. cerevisiae* se multiplica en el rumen.

La disminución en el número de células vivas desde que se añade el cultivo de levaduras, es de 0.17 % por hora (Bruning y Yokohama, 1988). Aceptando que ocurre alguna lisis, la tasa de descenso en el número de células viables esperada es mayor, a no ser que ocurra algo de replicación.

Williams (1989), demostró que un número de células de levadura 6.5 veces más alto que las control, puede ser cultivado en el contenido de la digesta ileal y duodenal.

## 2.9. Interacción entre pH y crecimiento de la levadura:

### Efecto del cultivo de levadura sobre el pH del rumen

La variación en el pH del licor ruminal es probable que afecte la viabilidad y desarrollo de la levadura. El pH normal del rumen es cercano al neutro; si bien la alimentación con concentrado puede hacerlo disminuir por debajo de seis. Valores de pH inferiores a seis son cercanos al óptimo para el desarrollo de levaduras, así que la inclusión de concentrado en la dieta favorece el crecimiento de levaduras; y hay una gran respuesta al cultivo de levaduras en la dieta de vacas lecheras cuando ésta contiene altos niveles de concentrado (Williams, 1988).

El mayor efecto del pH ruminal es sobre la celulólisis. In vitro ésta disminuye en más de 50 % cuando el pH cae bajo de 6.5, y la disminución en la degradabilidad de la fibra está

directamente correlacionada con el período de tiempo que el pH es bajo (Williams, 1988).

Dawson (1987), reportó que en cultivos fermentadores la presencia de levadura fue suficiente para elevar el pH en aproximadamente 0.2 unidades; sin embargo, es improbable que la modulación del pH del rumen sea el principal mecanismo por el cual el cultivo de levaduras afecta la celulolisis.

Williams y col. (1991), encontraron en novillos, que la suplementación con levadura reduce significativamente la depresión de el pH en el rumen, lo cual ocurre inmediatamente después de haber recibido el alimento, y dura cuatro horas ( $P < 0.05$ ). Después de las cuatro horas, hasta la próxima alimentación no existe diferencia en el pH entre los animales que recibieron la dieta con y sin levadura, como se muestra en el Anexo 2.

En fermentadores ruminales, llenos con una ración alta en material poco digerible, el cultivo de levaduras aumentó el pH de 6.36 a 6.55 (Newman y Dawson, 1987). Por el contrario, Harrison y col. (1988), reportaron que el cultivo de levaduras (Diamond V), disminuyó el pH; sin embargo, los valores fueron excepcionalmente bajos. También Wiedmeier y col. (1987), reportaron que no hubo cambios en el pH del rumen debido a la adición de *A. oryzae* ó cultivo de levaduras (Diamond V).

El pH del rumen puede ser reducido por un aumento en la concentración de ácidos grasos volátiles en el licor ruminal, o por la presencia de ácidos con una mayor constante de

disociación que los tres ácidos principales (acético, propiónico, butírico) como el láctico. Williams y col. (1991), encontraron que la presencia de levaduras reduce significativamente el nivel de ácido láctico en el rumen de novillos, y previene el pico en su concentración, el cual ocurre luego de dos horas de la alimentación con cebada molida, lo que se ilustra en el Anexo 3.

Es bastante probable que el aumento del pH después de la suplementación con cultivo de levaduras, esté asociado con la reducción de la concentración de ácido láctico, aunque en conjunto, la alteración del pH no puede ser atribuida solamente a cambios en la concentración de ácido láctico (Williams, 1989).

Las reducciones en el lactato ruminal, son significativas desde el punto de vista de la estabilidad del pH y del estado del epitelio ruminal. Ciertas cepas de levaduras estimulan la producción del lactato por *Selenomonas ruminantium*, bacteria ruminal gram negativa, cuyo número puede superar al 50 % del total de bacterias en el rumen (Caldwell y Bryant, 1966; citado por Nisbet y Martin, 1991).

La estimulación selectiva es importante en la utilización del lactato en el rumen, pudiendo explicar la baja del pico de lactato después de alimentar, cuando hay levaduras en la dieta (Nisbet y Martin, 1991; Lyons, 1992).

## 2.10. Efecto de la levadura sobre los procesos digestivos:

Dawson (1987), midió el número de bacteria anaeróbicas en simuladores ruminales con cultivos fermentadores y encontró que la inclusión de cultivos de Levaduras quintuplica la cantidad de bacterias anaeróbicas y duplica la de bacterias celulolíticas.

Mediciones in vivo han indicado un aumento de 1.3 veces en el total de bacterias viables y de 1.5 veces en el de las bacterias celulolíticas, después de la adición de cultivo de levaduras a la dieta de vacas lecheras. Igualmente hay, un aumento en la digestibilidad de la hemicelulosa y de la proteína cruda, así como en la concentración de acetato en el fluido ruminal, que es paralelo al aumento en el número de bacterias celulolíticas (Wiedmeier y col., 1987).

Un aumento en la digestibilidad de la materia seca en el rumen de ganado de leche que recibió suplemento de levadura, también fue encontrado por Gomez-Alarcón y col. (1987), y por Glade y Biesik (1986), en la digestión de la hemicelulosa y la retención de nitrógeno en caballos que recibieron levadura.

Un trabajo reciente realizado por Williams y Newbold (1990), sugiere que el efecto de la levadura sobre la digestión puede ser muy sutil y difícilmente observado en estudios de digestión total del tracto. En novillos la digestión total en el tracto durante un período de 48 horas no fue influenciada, pero en las primeras 12 horas la tasa de digestión de la fibra en el rumen aumentó en más de 7 % cuando se añadió Yea-sacc,

como se indica en el Anexo 4.

La celulolisis en el rumen es muy sensible al pH del fluido ruminal. Un valor inferior de 6.0 ó 6.1, parece ser crítico para la actividad celulolítica. Un pH más bajo (cerca de 5.5), esta normalmente relacionado con la acumulación de ácido láctico, lo que impide que la digestión se mantenga.

El rápido crecimiento de los organismos amilolíticos y sacarolíticos, que ocurre cuando se da una dieta rica en carbohidratos rápidamente fermentables, puede reducir la utilización de nutrientes como amonio, aminoácidos y péptidos por los organismos celulolíticos. (Hoover, 1986).

#### 2.11. Efecto del cultivo de levaduras sobre la degradación de la fibra: Digestión microbial de la fibra.

La capacidad del cultivo de levadura para estimular la digestión de la fibra, parece ser el efecto más consistente.

Experimentos *in vitro* e *in vivo*, han demostrado la presencia de una mayor cantidad de organismos celulolíticos cuando se añade el cultivo de levadura a la dieta (Dawson y Newman, 1987; Weidmeier y col., 1987; Harrison y col., 1988). El modelo usado para justificar estos efectos fue descrito por Hovell (1986, citado por Williams, 1988). En un estudio con ovejas, se encontraron diferencias en la configuración de la curva de degradación del forraje, en el tiempo de inicio de la degradación y en la tasa de degradación, lo que resultó en grandes diferencia en el consumo voluntario del forraje pero no

en la digestibilidad del material.

Wiedmeier y col. (1987) encontraron que el cultivo de levadura produce un aumento en la tasa de pasaje de las partículas (4.52 % y 5.11 % por hora sin y con cultivo respectivamente), sin ningún cambio en la tasa de eliminación de líquidos, lo cual sugiere un aumento en la tasa de degradación de la fibra.

Según Williams (1988), existen dos puntos importantes a considerar con respecto a la degradación de la fibra:

- El cultivo de levaduras, aparentemente no tiene efecto en las características de degradación del forraje cuando la dieta es formulada para una celulolisis óptima, y provee solamente pequeñas cantidades de carbohidratos rápidamente fermentables.
- La presencia de carbohidratos rápidamente fermentables, es requerida para obtener una respuesta al cultivo de levaduras, y con ello un aumento en el consumo y suministro de nutrientes.

Williams (1989) y Offer (1990), encontraron que algunas de las especies de hongos aisladas del rumen producen enzimas con una alta actividad, particularmente la xilanasa que hidroliza las paredes celulares de las plantas. Estos resultados soportan la hipótesis, de que los hongos anaeróbicos juegan un papel importante en la degradación de las paredes celulares de las plantas; estos organismos son capaces de degradar la celulosa y hemicelulosa, y un rango de carbohidratos simples, encontrándose una colonización preferencial de la lignocelulosa estructural, celulosa y xilanos.

Williams y col (1991), midieron la degradabilidad del heno en el rumen de novillos. La suplementación de la dieta de heno con cebada produjo una reducción en la degradación del heno; la adición de levadura causó un aumento en la cantidad de heno degradado en 12 horas, pero no tuvo efecto en la degradación total, como se muestra en el Anexo 5.

Relativamente pocos de los organismos presentes en el rumen, son capaces de utilizar los polisacáridos estructurales de la pared celular de las plantas, como única fuente de carbón. Las tres especies de bacterias celulolíticas más importantes son: Bacteroides succinogenes, Ruminococcus flavefaciens y Ruminococcus albus. De estos, B. succinogenes, es considerada la bacteria más importante en la digestión de materiales de baja digestibilidad como la paja que contiene un alto contenido de celulosa; mientras que Ruminococcus predomina cuando los alimentos son más digestibles (Offer, 1990).

#### 2.11.1. Factores que afectan la digestión de la fibra en el rumen:

La tasa de digestión de la fibra en el rumen depende de la interacción de varios factores que incluyen:

- Naturaleza físico-química de la pared celular de las plantas.
- El tiempo de retención en el rumen.
- La densidad, variedad y estabilidad de la población de microorganismos que digieren fibra en el rumen.
- La capacidad del medio ambiente ruminal para fomentar la

actividad microbial.

El tratamiento alcalino del forraje aumenta la digestión de la fibra, por destrucción de los componentes fenólicos y rompimiento del enlace lignina-celulosa. Para alcanzar una digestión elevada de la fibra se deben manipular parámetros como la concentración de amonio, el pH, y el nivel y tipo de suplementación para estimular y aumentar la población de organismos deseables (Offer, 1990).

#### 2.12. Efecto del cultivo de levadura sobre la producción de metano en el rumen:

La remoción de hidrógeno por metanogénesis, aumenta la producción de acetato de carbohidratos fermentados por las bacterias (Williams, 1988).

La producción de metano en el rumen representa una pérdida significativa de energía digerible (ED) de la dieta, de 13.4 % en alimentos con una digestibilidad aparente de 50 %, a 10.3 % en aquellos con una digestibilidad aparente de 90 % (Blaxter y Clapperton, 1965; citado por Williams, 1988).

En ovejas, cuando se suplementa con cultivo de levaduras una dieta de ensilaje más cebada, la producción de metano disminuyó significativamente de 39.4 a 35.2 l/día. Es poco probable que estos cambios representen una mayor acumulación de energía, pero confirman cambios en la fermentación (Williams y col., 1991).

La transferencia de hidrógeno es un caso especializado de

alimentación cruzada, donde el hidrógeno es removido por las bacterias metanogénicas de la población. En un cultivo puro, se obliga a los organismos a disponer de las moléculas de hidrógeno, en otros productos de electrones débiles tal como etanol (Iannati y col., 1973 citado por Wallace, 1992).

### 2.13. Efecto del cultivo de levaduras sobre los carbohidratos rápidamente fermentables en el rumen:

El principal efecto de la adición del cultivo de levaduras en las dietas con forraje y concentrado es el aumento en la producción. Dos componentes que son afectados negativamente por los carbohidratos rápidamente fermentables fueron identificados por Mould y Orskov (1984; citados por Williams, 1988), y son:

- Reducción de la celulolisis debido a un bajo pH en el rumen; como efecto del concentrado en la dieta.
- Inhibición competitiva de las bacterias celulolíticas. Este efecto es ocasionado por la presencia de carbohidratos rápidamente fermentables y es debido a la competencia entre las bacterias celulolíticas y amilolíticas.

Se consideraba que las levaduras no poseían amilasas y por lo tanto estaban imposibilitadas de digerir el almidón, sin embargo, se ha demostrado que algunas cepas de *S. cerevisiae*, producen amilasa extracelular (De Mot, 1987; citado por Williams, 1988).

La capacidad de las levadura de digerir y utilizar almidones y azúcares simples es de particular importancia, ya

que significa una remoción del subestrato que estimula el crecimiento de algunas bacterias, que compiten con los microorganismos celulolíticos. La remoción de esta competencia restaura la celulolisis y la digestión del forraje a niveles óptimos, sin comprometer las mejoras alcanzadas por la inclusión de concentrados en la dieta (Byers y col., 1982; citado por Williams, 1988).

#### 2.14. Efecto del cultivo de levaduras sobre la producción de proteína microbiana:

El nivel de producción y la etapa de lactancia han sido considerados responsables del aumento en la cantidad de proteína en el duodeno de vacas lactantes (Williams, 1988).

Los microorganismos del rumen mejoran el valor de la proteína del alimento, especialmente cuando el forraje es de mala calidad. Se han encontrado diferencias entre las cepas de levadura, en su capacidad de estimular la conversión de proteína por los microorganismos del rumen (Lyons, 1992).

Erasmus, (datos no publicados; citado por Lyons, 1992), encontró que la proteína que pasa al intestino, contiene una cantidad más alta de lisina (116 vs. 140 g/día) y de metionina (41 vs. 58 g/día) cuando la dieta es suplementada con cultivo de levadura.

El perfil de aminoácidos de la digesta duodenal influye grandemente en la producción de proteína en la leche. En un estudio con dos grupos de vacas con igual consumo de nitrógeno

(N); en las suplementadas con 10 g de levaduras, se encontraron 42 g adicionales de N no amoniacal. Con la suplementación de levaduras, 56 % del N consumido fue convertido por las bacterias, comparado con 47 % del control (Erasmus, datos no publicados, citado por Lyons, 1992).

#### 2.15. Requerimiento de nitrógeno por los microorganismos:

Existe evidencia de que el amonio es la principal fuente de N para un amplio rango de especies de bacterias, y es un nutriente esencial para algunas de ellas (Hungate, 1966).

La concentración óptima de amonio para el crecimiento microbiano se considera alrededor de 50 g/l; aunque hay trabajos que sugieren un nivel más alto, y según Offer (1990), 235 g/l son requeridos para una tasa máxima de fermentación.

En el duodeno de ovejas que recibieron levaduras se observó un aumento en el flujo de N no amoniacal y un aumento en la absorción de nutrientes entre el duodeno y el ileum de 20 %. Esos resultados sugieren que el cultivo de levadura mejora la utilización del N por las bacterias del rumen, de modo que se reduce el amoniaco ruminal y se aumenta el flujo de N microbiano al duodeno (Williams y Newbold, 1990).

#### 2.16. Efecto nutricional del cultivo de levaduras:

El aumento en la producción de leche, por la suplementación con hongos, ha sido asociado con la mejor

utilización de los nutrientes, específicamente la mayor digestibilidad de la fibra neutro detergente, la cual es atribuible a un mayor número de bacterias celulolíticas en el rumen (Huber y col., 1989).

El aumento de las bacterias celulolíticas implica una mayor eficiencia en la digestión de la fibra; que en algunos casos resulta en un mayor consumo de alimento, indicando una mayor tasa de pasaje de la digesta (Dawson, 1987).

En contraste con los antibióticos, los aditivos alimenticios biológicos no provocan el desarrollo de resistencia en las bacterias ni la acumulación de residuos de éstos en el cuerpo del animal. La *S. cerevisiae*, afecta el metabolismo en varias formas:

- Aumenta la tasa de fermentación microbiana.
- Estimula la formación de proteína microbiana.
- Inhibe la formación de metano y estimula la de ácido propiónico.

Como consecuencia hay una mayor digestibilidad de los carbohidratos estructurales, lo cual conlleva un aumento en el consumo y una mayor conversión alimenticia para la producción de leche por el aumento efectivo del valor alimenticio (Gunter, 1989).

#### 2.17. Efecto del cultivo de levaduras sobre la nutrición de minerales traza:

La concentración de zinc en la célula de levadura aumenta

después de que las células son filtradas y secadas. Por lo tanto, el cultivo de levaduras actúa como banco de zinc, el que se encuentra en forma de quelato (Williams, 1988).

## 2.18. Efecto de cultivos Microbianos sobre la población

### microbiana del rumen:

Se han propuesto varias explicaciones para la reducción de lactato en el rumen cuando se incluye levaduras en la dieta:

- La presencia de almidón causa la proliferación de bacterias que producen lactato, como Selenomonas ruminantium, Streptococcus bovis y Ruminobacter amylophilus. La inhibición de estos microorganismos reduce la cantidad de lactato producido.
- El estímulo de microorganismos que utilizan el lactato, tales como Megasphaera elsdenii (consumidor primario de lactato), también resulta en una reducción en la concentración de lactato en el rumen.

En el licor ruminal, la reducción en la concentración de productos de la hidrólisis de almidón tal como las hexosas (maltosa y maltotriosa) en presencia del cultivo de levaduras puede ser el resultado del metabolismo de estos azúcares por la levadura. Estos dos oligosacáridos entran a la célula de levadura por la acción de la permeasa, en donde son convertidos en glucosa (Williams, 1989).

Aumentos en el número de bacterias viables, y en el de bacterias celulolíticas como una proporción del total han sido

reportadas en condiciones in vivo (Wiedmeier y col., 1987; Harrison y col., 1988), e in vitro (Newman y Dawson, 1987), después de la adición de levaduras o de *A. oryzae* separados ó en combinación.

Dawson (1989), encontró que después de una incubación de 6 días, la cantidad de celulosa degradada por *Bacteroides succinogenes* fue ligeramente menor en presencia de cultivo de levaduras que en su ausencia. Sin embargo, de dos a tres veces más celulosa fue degradada durante las primeras 48 horas de incubación en cultivos con levaduras en crecimiento. Parece ser que hay una disminución en la cantidad de tiempo requerido para iniciar el proceso de digestión, el cual fue 50 % más largo en cultivos que no recibieron suplemento de levadura (Dawson, 1990).

Además Dawson (1989), demostró que diferentes bacterias celulolíticas, responden en forma diferente al cultivo de levaduras vivas. Una cepa de levaduras que estimula a *B. succinogenes* en cultivo puro no estimula otro degradador de celulosa. Esto hasta cierto grado puede explicar algunas interacciones dietéticas, ya que es posible que cambios en la composición de la dieta puedan favorecer diferentes poblaciones celulolíticas.

#### 2.19. Respuestas productivas obtenidas de la adición de cultivos microbianos en las dietas para rumiantes:

Mucha de la información sobre el efecto de la adición de

cultivos microbianos a la dieta de rumiantes se relaciona con los efectos sobre producción de leche en vacas.

Se han demostrado aumentos en la producción de leche y de grasa (Harris y Lobo, 1987; Bax, 1988; Williams y col., 1991), así como en la ganancia de peso vivo, después de suplementar con cultivo de levaduras (Yea-sacc) (Fallon y Hart, 1987).

Huber y col. (1989), reportaron que con la adición de cultivo de levadura viva (Yea-sacc), la producción de leche, ajustada por covarianza por la diferencia de producción en el período de pretratamiento, aumentó en 1.2 Kg/día ( $P < 0.05$ ) y la producción corregida por el contenido de grasa (3.5 %), en 0.8 kilogramos por día ( $P < 0.07$ ).

Williams y col. (1991), compararon cuatro dietas de concentrado (cebada molida, harina de soya y harina de pescado), y forraje (mezcla de heno de pasto Ballico y Fleo o paja de trigo amoniataada), con una relación concentrado:forraje de 50:50 o 60:40 en base a la MS. Se observó un efecto del cultivo de levaduras sobre la producción de leche corregida por grasa ( $P < 0.05$ ), solamente en las dietas con un alto nivel de concentrado.

Con heno en la dieta, el cultivo de levaduras no tuvo efecto sobre la producción de leche, pero aumentó la concentración de grasa, mientras que con paja, aumentó sustancialmente la producción de leche y disminuyó la concentración de grasa. También existió una interacción de la dieta con el cultivo de levadura sobre la producción de

proteína, la que aumentó en las vacas que recibieron dietas altas en concentrado y levadura ( $P < 0.05$ ); sin embargo, no se encontró un efecto del cultivo sobre el peso vivo. En conjunto el consumo aumentó en  $1.2 \text{ kg}$  de MS/día ( $P < 0.062$ ) en las vacas que recibieron cultivo de levaduras (Williams, 1989; Williams y col., 1991)

Bax (1988), encontró resultados similares cuando añadió cultivo de levaduras (Yea-sacc), a una dieta completa de concentrado y ensilaje y a una dieta de concentrado y ensilaje alimentados por separado. Tanto la producción de leche corregida ( $0.75 \text{ Kg/día}$ ) como el consumo de alimento ( $+0.57 \text{ Kg}$  de MS/día) aumentaron. La respuesta fue mayor cuando los componentes fueron suministrados separadamente; con las dos dietas la energía consumida fue suficiente para aumentar la producción de leche.

Una característica común a todos estos experimentos, es que el mejoramiento en el comportamiento, está asociado con un aumento en el consumo de forraje. El efecto estimulante de la levadura sobre la digestión de la fibra explica el aumento en el consumo.

#### 2.20. Modelo de los efectos del cultivo de levaduras en el rumen:

La naturaleza de la interacción entre las células de levadura y las bacterias anaeróbicas del rumen todavía no ha sido definida completamente (Dawson, 1990).

Aumentos en la tasa inicial de digestión de la celulosa, pueden mejorar la eficiencia de utilización del alimento y proveer nutrientes adicionales para el crecimiento y la producción de leche. En consecuencia, mejorando la digestión ruminal, se puede afectar el consumo de alimento, particularmente con dietas donde las limitaciones físicas de llenado, pueden restringir la cantidad de material que entra en el rumen; lo que puede justificar la mayor parte de las respuestas observadas en ganado de leche (Williams y Newbold, 1990).

Estudios en los cuales se ha intentado demostrar un aumento en el flujo de proteína del rumen, como resultado de la suplementación de cultivo de levaduras, han sido difíciles de interpretar. Sin embargo, un aumento en la producción de proteína microbiana se confirmó en un estudio (Williams y Newbold, 1990), en el cual se reportó un aumento del flujo y absorción de N no amoniacal en el intestino delgado de ovejas suplementadas con levaduras. El aumento en la producción de proteína microbiana puede ser explicado por la disminución en la concentración de amonio en el rumen (Dawson y Newman, 1987; Harrison y col., 1987).

Newbold y Wallace (1992, citado por Wallace, 1992), propusieron un modelo alternativo, en el cual todos los efectos observados sobre fermentación del rumen y los efectos consecuentes sobre la nutrición, resulta del mejoramiento de la viabilidad bacterial; este modelo se muestra en el Anexo 8.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación del ensayo.-

Este experimento se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana (E.A.P.), a 36 Km. al este de Tegucigalpa, a 14° N y 87°O, y a una elevación de 850 msnm.

##### 3.1.1. clima:

La E.A.P. tiene una precipitación promedio de 1100 mm anuales y una temperatura promedio de 23 °C; posee dos estaciones bien marcadas, una lluviosa de junio a noviembre y otra seca de diciembre a mayo.

Los registros de precipitación y de temperatura durante el período experimental (mayo de 1991 - abril de 1992) se presentan en el Cuadro 1. (Anexos 7 y 8).

Cuadro No. 1.- Temperatura y precipitación durante el período experimental.

MESSES	PRECIPITACION mm	TEMPERATURA min. °C	TEMPERATURA max. °C
ENERO	11.3	10.8	29.2
FEBRERO	8.5	8.5	31.5
MARZO	1.0	9.7	34.9
ABRIL	1.8	13.5	35.9
MAYO	106.8	16.2	34.4
JUNIO	187.0	17.0	31.8
JULIO	57.7	13.5	31.7
AGOSTO	84.5	14.7	31.7
SEPTIEMBRE	171.6	14.3	33.6
OCTUBRE	117.6	12.3	31.3
NOVIEMBRE	11.3	10.5	29.5
DICIEMBRE	16.5	13.0	29.0
ENERO	6.7	10.5	33.0
FEBRERO	5.1	10.3	34.1
MARZO	8.9	12.7	36.0
ABRIL	121.8	16.4	35.0

### 3.2. Unidades experimentales.

Se usaron 50 vacas del hato lechero de la E.A.P., las cuales ingresaron al experimento en parejas que se formaron tomando en cuenta la raza (Holstein 40, Pardo Suizo 4, Jersey 6), el número de lactancias, y la fecha de parto, de modo que no hubiera más de 30 días de diferencia en cada pareja. Además sólo se utilizaron vacas que al inicio del ensayo no excedían los 150 días postparto.

Una vez conformadas las parejas se realizó un sorteo para asignarlas al tratamiento experimental o al grupo control.

### 3.3. Alimentación.-

#### 3.3.1. Época lluviosa: Forrajes

Las vacas fueron pastoreadas con el resto del hato en un área de 32 ha dividida en potreros de 0.7 ha cada uno, sembrados con pastos Pangola (*Digitaria decumbens*), Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), y Guinea (*Panicum maximum*). Las rotaciones se hicieron cada 22 días, con un período de ocupación de 12 horas.

#### 3.3.2. Época seca: Ensilaje

Durante la época seca los animales permanecieron estabulados en corrales de tierra a razón de 25 vacas/corral con 30 m<sup>2</sup>/vaca. La alimentación durante este período se basó en ensilaje de maíz ofrecido a libre consumo, 2 kg/día de gallinaza, 2 kg de melaza y 1.4 kg de heno de pasto Transvala (*Digitaria decumbens*). La composición química de estos alimentos se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro No. 2.- Composición química de los alimentos usados en la época seca.

	MS	PC	ED	EM	DIVMO
Ensilaje de maíz	29.34	8.49	2.52	2.09	62.23
Heno de transvala	91.14	4.59	2.07	1.70	52.38
Gallinaza	92.13	12.6	1.80	1.26	45.87
Melaza	74.70	3.00	2.80	2.63	60.12

MS = Materia seca %

PC = Proteína cruda %

ED = Energía digerible Mcal/kg

EM = Energía metabolizable Mcal/kg

DIVMO = Digestibilidad in vitro de la materia orgánica %

### 3.3.3. Concentrado:

Los animales se suplementaron con concentrado a partir de una producción de 7 kg de leche/día, corregida al 4 % de grasa, en una proporción leche:concentrado de 2:1. El concentrado fue ofrecido durante los dos ordeños diarios. Su composición se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro No. 3.- Composición del concentrado.

INGREDIENTES	PC %	ED Mcal/kg
Maíz/Sorgo, %	52.00	
Harina de algodón, %	30.00	
Harina de coquito, %	10.75	
Melaza, %	6.25	
Sal, %	0.50	
Vitaminas, %	0.50	
	18.76	3.51

### 3.3.4. Aditivo:

YEA-SACC, es un cultivo de levaduras vivas secado junto con el medio en que crecen, cuya composición se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro No. 4.- Composición del aditivo YEA-SACC, presentada por el fabricante, y por análisis hechos en la E.A.P.

	FABRICANTE	E.A.P.
Proteína cruda %	min. 28	31.0
Grasa %	min. 6	8.3
Fibra cruda %	max. 14	1.8
Minerales %	max. 8	7.4
<u>Saccharomyces cerevisiae</u>	min. 10 <sup>8</sup>	células por gramo

### 3.4. Tratamientos experimentales.-

Los tratamientos utilizados fueron dos:

#### 3.4.1. Tratamiento testigo:

En este tratamiento las vacas recibieron la dieta normal de forraje, y concentrado de acuerdo a su producción como se describió anteriormente.

#### 3.4.2. Tratamiento suplementado con YEA-SACC:

En este tratamiento las vacas, además de la dieta normal recibieron 10 g de cultivo de levadura (Yea-sacc) por día, el cual fue proporcionado junto con el concentrado al

momento del ordeño de la mañana. Para facilitar el manejo las vacas de este tratamiento se identificaron con collares de color rojo.

### 3.5. Variables medidas. -

Durante el experimento se midió:

#### - Producción y composición de la leche:

La producción se midió una vez a la semana, mediante el uso de medidores Mark 4 de Alfa Laval.

Mensualmente se tomaron muestras de leche, para ser analizadas en el Laboratorio de Productos Lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana.

El contenido de grasa y proteína fue analizado, por el método de Babcock y el método Walker o de Titulación con Formaldehído respectivamente (Revilla, 1985).

El contenido de grasa fue utilizado para corregir la producción de leche a 4 %.

### 3.6. Diseños experimentales. -

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo factorial 2 X 6 (dos tratamientos y seis meses de lactación) para determinar si había diferencia entre los tratamientos y su interacción con la etapa de lactancia, durante los primeros 180 días de experimentación (Cuadro 5).

Cuadro No. 5.- Distribución de los grados de libertad (gl) para el análisis estadístico de las variables medidas en los primeros 180 días experimentales.

FUENTE DE VARIACION	gl
Repeticiones	21
Tratamientos	1
Error	20
Mes de lactancia	5
Interacción Trat X Mes	5
Error	200
Total	251

Además se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un solo factor (tratamientos), en éste análisis se utilizó el promedio de todas las observaciones obtenidas de cada vaca durante el período experimental, para determinar el comportamiento de las variables evaluadas (Cuadro 6).

Cuadro No. 6.- Distribución de los grados de libertad (gl) para el análisis estadístico del promedio de las observaciones por vaca de las variables evaluadas durante todo el período experimental.

FUENTE DE VARIACION	gl
Repeticiones	24
Tratamientos	1
Error	24
Total	49

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Producción de leche.-

La producción de leche corregida al 4 % de grasa de las vacas que recibieron levadura durante los primeros 180 días fue superior ( $P=0.02$ ) en 1.7 kg/día, lo que representa un aumento de 12 %, comparada con el grupo control, tal como se indica en el Cuadro 7. La disminución de la producción conforme avanza la etapa de lactancia, fue paralela en los dos tratamientos, esto indica que no existió una interacción entre los tratamientos y los meses de lactancia, por consiguiente la levadura afectó la producción en forma similar en todos los meses evaluados. Además las vacas que recibieron levadura tuvieron un mayor consumo de concentrado ( $P=0.022$ ), equivalente a 22.1 %.

Cuadro No. 7.- Producción de leche corregida al 4 % de grasa y consumo de concentrado por vaca por día durante los primeros 180 días experimentales.

	Control	is	Levadura	is	Sig.
Número de vacas	21		21		
Producción de leche (kg/d)	14.12	3.91	15.78	4.51	*
Consumo concentrado (kg/d)	3.61	1.88	4.40	2.24	*

\* Diferencia significativa  $P<0.05$

El promedio de producción de leche corregida al 4 % de grasa de las vacas que recibieron levadura durante todo el período experimental fue superior ( $P=0.037$ ) en 1.4 kg/día, lo que representa un aumento de 11 % sobre el grupo control, tal como se anota en el Cuadro 8. Igualmente las primeras tuvieron también un mayor consumo de concentrado ( $P=0.064$ ), equivalente a 19.1 %.

Cuadro No. 8.- Producción promedio de leche corregida al 4 % de grasa y consumo de concentrado por vaca por día durante todo el período experimental.

	Control	±s	Levadura	±s	Sig.
Número de vacas	25		25		
Producción de leche (kg/d)	12.62	2.71	14.01	2.49	*
Consumo concentrado (kg/d)	3.16	1.20	3.76	2.15	ns

\* Diferencia significativa  $P<0.05$

ns Diferencia no significativa  $P>0.05$

El aumento en el consumo de concentrado se puede atribuir a la mayor producción de leche, ya que la ración de concentrado estaba supeditada a producción de leche.

Estos resultados concuerdan con los trabajos de Harris y Lobo (1987), Bax (1988), Gunter (1989), Huber y col. (1989), Williams (1989), Dobos y col. (1990), Rodriguez y col. (1990), Nisbet y Martin (1991), y Wohlt y col. (1991), quienes también encontraron aumentos en la producción de leche y consumo de concentrado por animal por día.



## 4.2. Composición de la leche.-

### 4.2.1. Contenido de grasa:

El contenido de grasa de la leche no fue afectado por la presencia de levadura en la dieta, el promedio para los dos grupos fue de 3.9 % durante los primeros 180 días, y 3.8 % durante todo el período experimental. Debido a la mayor producción de leche, la producción de grasa en los 180 primeros días fue superior en las vacas que recibieron levadura ( $P=0.021$ ), el aumento fue de 69 g/día, equivalente a 12.4 %, comparado con el grupo control. Cuando se analizó para todo el período experimental, la producción de grasa por vaca por día fue de 0.49 Kg en las vacas control, y 0.52 Kg en las que recibieron levadura, lo que representó una diferencia no significativa de 31 g de grasa/día, equivalente a un 6.30 %. Los resultados se indican en el Cuadro 9 y 10.

Cuadro No. 9.- Contenido y producción de grasa por vaca por día durante los primeros 180 días experimentales.

	Control	ts	Levadura	ts	Sig.
Número de vacas	21		21		
Contenido de grasa (%)	3.89	0.73	3.90	0.75	ns
Producción de grasa (kg/d)	0.55	0.16	0.62	0.20	*

\* Diferencia significativa  $P<0.05$   
 ns Diferencia no significativa  $P>0.05$

Cuadro No. 10.- Contenido y producción promedio de grasa por vaca por día durante todo el período experimental.

	Control	±s	Levadura	±s	Sig.
Número de vacas	25		25		
Contenido de grasa (%)	3.78	0.72	3.79	0.83	ns
Producción de grasa (kg/d)	0.49	0.12	0.52	0.17	ns

ns Diferencia no significativa  $P > 0.05$

Estos resultados son similares a los de Bax (1988), Erdman y Sharma (1989), Huber y col. (1989), Arambel y Kent (1988) y Wohlt y col. (1991), quienes tampoco encontraron diferencias en el contenido o en la producción de grasa al incluir levaduras en la dieta de vacas lactantes.

#### 4.2.2. Contenido de proteína:

La inclusión de levaduras tampoco afectó el contenido de proteína en la leche. El promedio para los dos grupos fue de 3.08% durante los primeros 180 días; sin embargo, al igual que en el caso de la grasa, sí hubo una diferencia ( $P=0.027$ ) en la producción de proteína por vaca de 51 g/día, lo que representa un aumento de 11.6 % en favor de las vacas que recibieron la suplementación con levadura durante los 180 primeros días. La producción promedio de proteína obtenida durante todo el período experimental fue de 0.39 kg/día para el grupo control y 0.44 kg/d, para el que recibió levadura, ésta diferencia no

fue significativa ( $P=0.1050$ ). Los resultados se indican en el Cuadro 11 y 12.

Cuadro No. 11.--Contenido y producción de proteína por vaca por día durante los primeros 180 días experimentales.

	Control $\pm$ s		Levadura $\pm$ s		Sig.
Número de vacas	21		21		
Contenido de proteína (%)	3.08	0.32	3.08	0.35	ns
Produc. de proteína (Kg/d)	0.44	0.11	0.48	0.13	*

\* Diferencia significativa  $P<0.05$   
 ns Diferencia no significativa  $P>0.05$

Cuadro No. 12.- Contenido y producción promedio de proteína por vaca por día durante todo el período experimental.

	Control $\pm$ s		Levadura $\pm$ s		Sig.
Número de vacas	25		25		
Contenido de proteína (%)	3.04	0.31	3.02	0.34	ns
Produc. de proteína (Kg/d)	0.39	0.07	0.44	0.08	ns

ns Diferencia no significativa  $P>0.05$

Nuevamente estos resultados coinciden con los reportados por Arambel y Kent (1988), Bax (1988), Gunter (1989), Erdman y Sharma (1989), Huber y col. (1989), Dobos y col. (1990), Williams y Newbold (1990) y Wohlt y col. (1991), quienes no

encontraron diferencias en el contenido de proteína de la leche, pero sí una tendencia a producir más proteína en las vacas que recibieron levadura, debido a incrementos en la producción total de leche.

Lyons (1992), sugiere una mayor síntesis de proteína microbiana en el rumen, estimulada por la presencia de levaduras, lo cual mejora el valor de la proteína del alimento. Esto conlleva a un mejor perfil de aminoácidos en la digesta duodenal, lo cual influye en la producción de proteína en la leche.

#### 4.3. Análisis Económico de los tratamientos.-

Para realizar el análisis económico de los tratamientos, se utilizó la media de la producción obtenida durante los primeros 180 días experimentales. Se asumió que los costos de producción son iguales para los dos tratamientos, excepto el costo de los 10 g de Yea-sacc, que es 0.54 lempiras y el consumo adicional de concentrado, cuyo costo es de 1.03 lempiras por kilogramo.

Se realizó un balance energético que se presenta en el Cuadro 13, que demuestra que la cantidad de concentrado adicional (0.8 kg) fue suficiente para suplir los requerimientos de una mayor producción de leche (1.7 Kg), durante los primeros 180 días experimentales; existiendo un excedente de 0.9 Mcal de ED. Por lo tanto, se puede asumir que la cantidad de forraje consumido fue similar para los dos

grupos. Los resultados del análisis económico se muestran en el Cuadro 14.

Cuadro No. 13.- Balance energético.

	kg	ED Mcal
Leche 4% de grasa adicional (1)	1.7	1.88
Concentrado adicional (2)	0.8	2.80

(1) 0.64 Mcal/kg de leche 4% de grasa  
 (2) 3.51 Mcal/kg de concentrado

Cuadro No. 14.- Análisis económico de la suplementación con levadura.

	CONTROL	LEVADURA
Producción de leche, kg/vaca/día (1)	14.12	15.78
Precio de la leche, L/kg	1.65	1.65
Ingreso parcial, L /vaca/día	23.30	26.04
Costo adicional (2)	- -	0.54
Costo del concentrado adicional (3)	- -	0.83
Ingreso neto, L/vaca/día	23.30	24.67
Diferencia neta, L/vaca/día		1.37

(1) Producción de leche corregida al 4 % de grasa  
 (2) Costo por los 10 gramos de YEA-SACC  
 (3) Concentrado 1.03 L/kg

Las vacas que recibieron la suplementación generaron un ingreso neto adicional de 1.37 lempiras/día, que representa

un 5.9 % sobre el ingreso generado por las vacas control. El beneficio obtenido es 2.5 veces el costo de la dosis de levaduras.

---

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se llevó a cabo el estudio, se puede concluir que:

a. La inclusión de Yea-sacc en la alimentación de vacas lactantes aumenta la producción de leche corregida al 4 % en un 12 %; lo cual, conlleva un aumento de 22.1 % en el consumo de concentrado.

b. La composición de la leche no es afectada por la adición de levaduras; pero existe una mayor producción de grasa y proteína por vaca por día, que es debido al aumento en la producción de leche.

c. La suplementación con levadura aumenta el ingreso neto por vaca por día en 1.37 lempiras. El beneficio que se obtiene de la suplementación cubre 2.5 veces el costo del cultivo de levaduras.

En trabajos futuros se recomienda medir el consumo de forraje, y realizar estudios a nivel ruminal y postruminal, para contribuir a dilucidar el efecto de la suplementación con levadura en la producción animal.

## 6. RESUMEN

Este estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, en el período comprendido entre mayo de 1991 y abril de 1992. Se evaluó la inclusión cultivo de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* (YEA-SACC) en la dieta de vacas lactantes. Se usaron 50 vacas agrupadas en parejas, de cada pareja a una se le suplementó la dieta con 10 g de Yea-sacc/vaca/día; la otra vaca sirvió de control. En la época lluviosa, los animales fueron pastoreados en praderas de Estrella (*Cynodon dlemfuensis*), Pangola (*Digitaria decumbens*), y Guinea (*Panicum maximum*); y en la época seca, permanecieron estabulados, y alimentados con ensilaje de maíz ad libitum, heno de pasto transvala (*Digitaria decumbens*), gallinaza y melaza. Todos recibieron concentrado a partir de una producción de 7 kg de leche corregida al 4 % de grasa; en una proporción leche:concentrado de 2:1. Durante los primeros 180 días experimentales la producción de leche al 4% fue de 14.12 kg/vaca/día para el grupo control y 15.78 kg, para el que recibió levadura. La diferencia durante todo el período experimental fue de 1.4 kg/vaca/día. Estos aumentos causaron un mayor consumo de concentrado. La composición de la leche no varió; el contenido de grasa y proteína, fue similar para los dos grupos con 3.9 % y 3.08 % respectivamente; sin embargo, hubo una tendencia a producir más grasa y proteína 69 y 51

g/vaca/día respectivamente, debido a la mayor producción de leche. El beneficio económico neto obtenido de la inclusión de levadura en la dieta de vacas lactantes es de 1.37 L/vaca/día, lo que representa 2.5 veces el costo de los 10 g de Yea-sacc.

## BIBLIOGRAFIA

- ARAMBEL, M. AND KENT, B. 1988. Effect of yeast culture on milk production response and apparent nutrient digestibility in early lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 71 : 220 (Suppl.1).
- BAUMGARTNER, J. Y HERSOM, A. 1959. *Conservas alimenticias. Fundamentos técnico - microbiológicos*. Editorial Acribia. Zaragoza - España. 18 - 29p.
- BAX, J. 1988. An investigation into the response of dairy cows to supplementation with yeast culture. *The West of Scotland College*. 1 - 8p.
- BROCK, T.; SMITH, D.; MADIGAN, M. 1987. *Microbiología*. Prentice Hall Inc. Mexico. 85 - 95p.
- BRUNING, C. AND YOKOHAMA, M. 1988. Characteristics of live and killed brewer's yeast slurries and intoxication by intraruminal administration to cattle. *Journal of Animal Science*. 66 : 585 (Suppl.1).
- CHURCH, D. 1974. *Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes*. Editorial Acribia. Zaragoza - España. Vol. 1. 184 - 285p.
- DAWSON, K. 1987. Mode of action of yeast cultures in the rumen: Natural fermentation modifiers. In *Alltech's Third Annual Symposium*. Lyons, T. (ed). *Biotechnology in the Feed Industry*. Lexington, Ky. 119 - 125p.
- DAWSON, K. 1989. Modification of rumen function and animal production using live microbial cultures as feed supplements. *Proceedings California Animal Nutrition Conference*. Centre Plaza Holiday Inn, Fresno California.
- DAWSON, K. 1990. Designing the yeast culture of tomorrow: Mode of action of yeast culture for ruminantes and non ruminants. In *Alltech's Sixth Annual Symposium*. Lyons, T. (ed). *Biotechnology in the Feed Industry*. Lexington, Ky. 59 - 78p.
- DAWSON, K. AND NEWMAN, K. 1987. Effects of yeast culture supplements on the growth and activities of rumen bacteria in continuous culture. *Journal of Animal Science*. 65 : 452 (Suppl.1).

- DAWSON, K. AND NEWMAN, K. 1988. Fermentation in rumen simulating continuous cultures receiving probiotics supplements. *Journal of Animal Science* 68 : 500 (Suppl.1).
- DILDEY, D. 1988. Getting paid for milk quality: Improving milk composition. In Alltech Technical Publication. Lyons, T. (ed). Nicholasville, Kentucky. 45 - 85p. -
- ERDMAN, R. AND SHARMA, B. 1989. Effect of yeast culture and sodium bicarbonate on milk yield and composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 72 : 7. 1929 - 1932.
- DOBOS, R.; DICKENS, A.; NORRIS, T. 1990. Yea-sacc<sup>1026</sup> for dairy cattle in low concentrate input systems: Effects on milk yield and composition. In Alltech's Sixth Annual Symposium. Lyons, T. (ed). Biotechnology in the Feed Industry. Lexington, Ky. 518 - 519 p.
- FALLON, R. AND HART, F. 1987. The effect of yeast culture inclusion in the concentrate diet on calf performance. *Journal of Dairy Science*. 70 : 143 (Suppl.1).
- GLADE, M. AND BIESIK, L. 1986. Enhanced nitrogen retention in yearling horses supplemented with yeast culture. *Journal of Animal Science*. 62.: 1635 - 1640.
- GOMEZ-ALARCON, R.; DUDAS, C.; HUBER, J. 1987. Effect of Aspergillus oryzae and yeast on feed utilization by Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 70 : 218 (Suppl.1).
- GOMEZ, R. Y LLAMAS, G. 1990. Uso de cultivo de levaduras en alimentos para rumiantes. En Anabólicos y Aditivos en la Producción Pecuaria. Mexico. 125 - 129p.
- GUNTER, K. 1989. Yeast culture's success under German dairy conditions. In Alltech's Fifth Annual Symposium. Lyons, T. (ed). Biotechnology in the Feed Industry. Lexington, Ky. 39 - 46p.
- HARRISON, G.; HEMKEN, R.; DAWSON, K.; HARMON, R.; NEWMAN, K.; MOREHEAD, M. 1987. Yeast culture supplement in the diet of lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 70 : 218 (Suppl.1).
- HARRISON, G.; HEMKEN, R.; DAWSON, K.; HARMON, R.; BARKER, K. 1988. Influence of addition of yeast culture supplement to diets of lactating cows on ruminal fermentation and microbial populations. *Journal of Dairy Science*. 71 : 2967 - 2975.

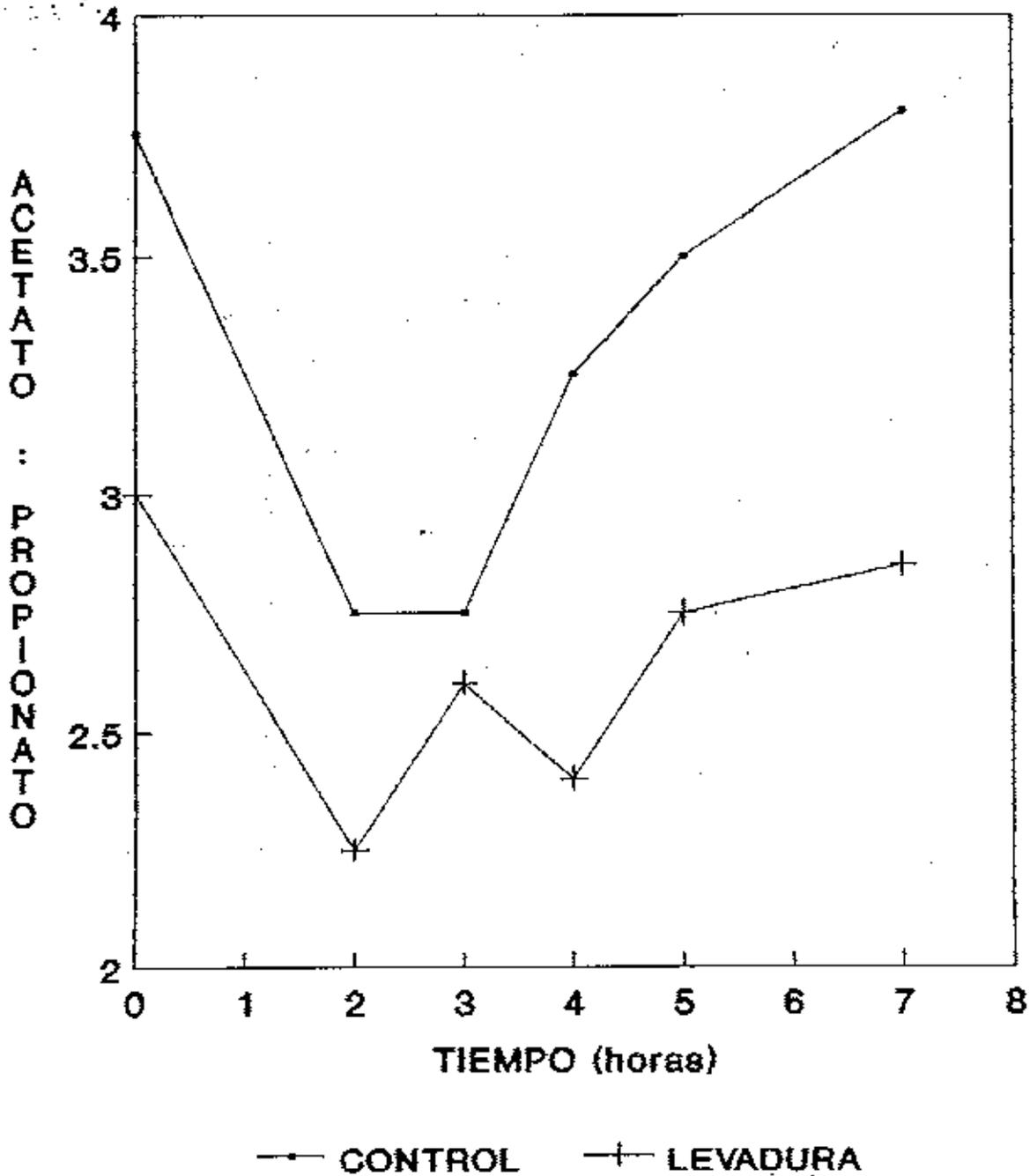
- HARRIS, B. AND LOBO, R. 1987. Feeding yeast culture to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 70 : 276 (Suppl.1).
- HOOVER, W. 1986. Chemical factors involved in ruminal fibre digestion. *Journal of Dairy Science*. 69 : 2755 - 2766.
- HUBER, T.; SULLIVAN, J.; TAYLOR, B.; BURGOS, A.; CRAMER, S. 1989. Effect of feeding Yea-sacc on milk production and related responses in a commercial dairy herd in Arizona. In: *Alltech's Fifth Annual Symposium*. Lyons, T. (ed). *Biotechnology in the Feed Industry*. Nicholasville, Ky. 35 - 38p.
- HUNGATE, R. 1966. *The rumen and its microbes*. Academic Press. New York and London. 281 - 441p.
- HUTJENS, M. 1988. Feeding the high producing dairy cow: A role for natural additives. In *Alltech's Fourth Annual Symposium*. Lyons, T. (ed). *Biotechnology in the Feed Industry*. Lexington, Ky. 37 - 44p.
- KOLB, E. 1976. *Fisiología Veterinaria*. 2da. edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Vol. 1. 265 - 338p.
- LYONS, T. 1987. The role of biological tools in the feed industry. In *Alltech's Third Annual Symposium*. Lyons, T. (ed). *Biotechnology in the Feed Industry*. Lexington, Ky. 1 - 49p.
- LYONS, T. 1992. Strategy for the future: The role of biotechnology in the feed industry. In *Alltech's Eighth Annual Symposium*. Lyons, T. (ed). *Biotechnology in the Feed Industry*. Nicholasville, Kentucky. 1 - 22p.
- NEWMAN, K. AND DAWSON, K. 1987. Associative effects of probiotics and diet on ruminal fermentation. *Conference on Rumen Function*. Chicago.
- NISBET, D. AND MARTIN, A. 1991. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *Journal of Animal Science*. 69 : 4628 - 4633.
- OFFER, N. 1990. Maximising fibre digestion in the rumen: The role of yeast culture. In *Alltech's Sixth Annual Symposium*. Lyons, T. (ed). *Biotechnology in the Feed Industry*. Lexington, Ky. 79 - 95p.

- PRESTON, T. Y LENG, R. 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre nutrición de ruminantes en el trópico. Consultoría para el Desarrollo Rural Integrado en el Trópico (CONDRIT). Cali, Colombia. 39 - 42p.
- REVILLA, A. 1985. Tecnología de la leche. Segunda edición. I.I.C.A. San José, Costa Rica. 400p.
- RODRIGUEZ, S.; HERRERA, R.; GONZALEZ, M.; MIRANDA, R. 1990. Efecto del probiótico Yea-sacc (*Saccharomyces cerevisiae*) en la degradabilidad de la materia seca y en la producción de leche. En Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Mexico. p 320.
- ROSE, A. 1987. Yeast culture, a microorganism for all species: A theoretical look at its mode of action. In Alltech's Third Annual Symposium. Lyons, T. (ed). Biotechnology in the Feed Industry. Lexington, Ky. 113 - 118p.
- SMITH, G. 1963. Introducción a la micología industrial. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 80 - 103p.
- WALLACE, R. 1992. Manipulation of rumen function: Ionophores, yeast culture and biotechnology. In Alltech's Eighth Annual Symposium. Lyons, T. (ed). Biotechnology in the Feed Industry. Nicholasville, Kentucky. 193 - 203p.
- WIEDMEIER, R.; ARAMBEL, M.; WALTERS, J. 1987. Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extracts on ruminal characteristics and nutrient digestibility. Journal of Dairy Science. 70 : 2063 - 2068.
- WILLIAMS, P. 1988. Understanding the biochemical mode of action of yeast culture. In Alltech's Fourth Annual Symposium. Lyons, T. (ed). Biotechnology in the Feed Industry. Lexington, Ky. 79 - 100p.
- WILLIAMS, P. 1989. The mode of action of yeast culture in ruminant diets: A review of the effect on rumen fermentation patterns. In Alltech's Fifth Annual Symposium. Lyons, T. (ed). Biotechnology in the Feed Industry. 65 - 84p.

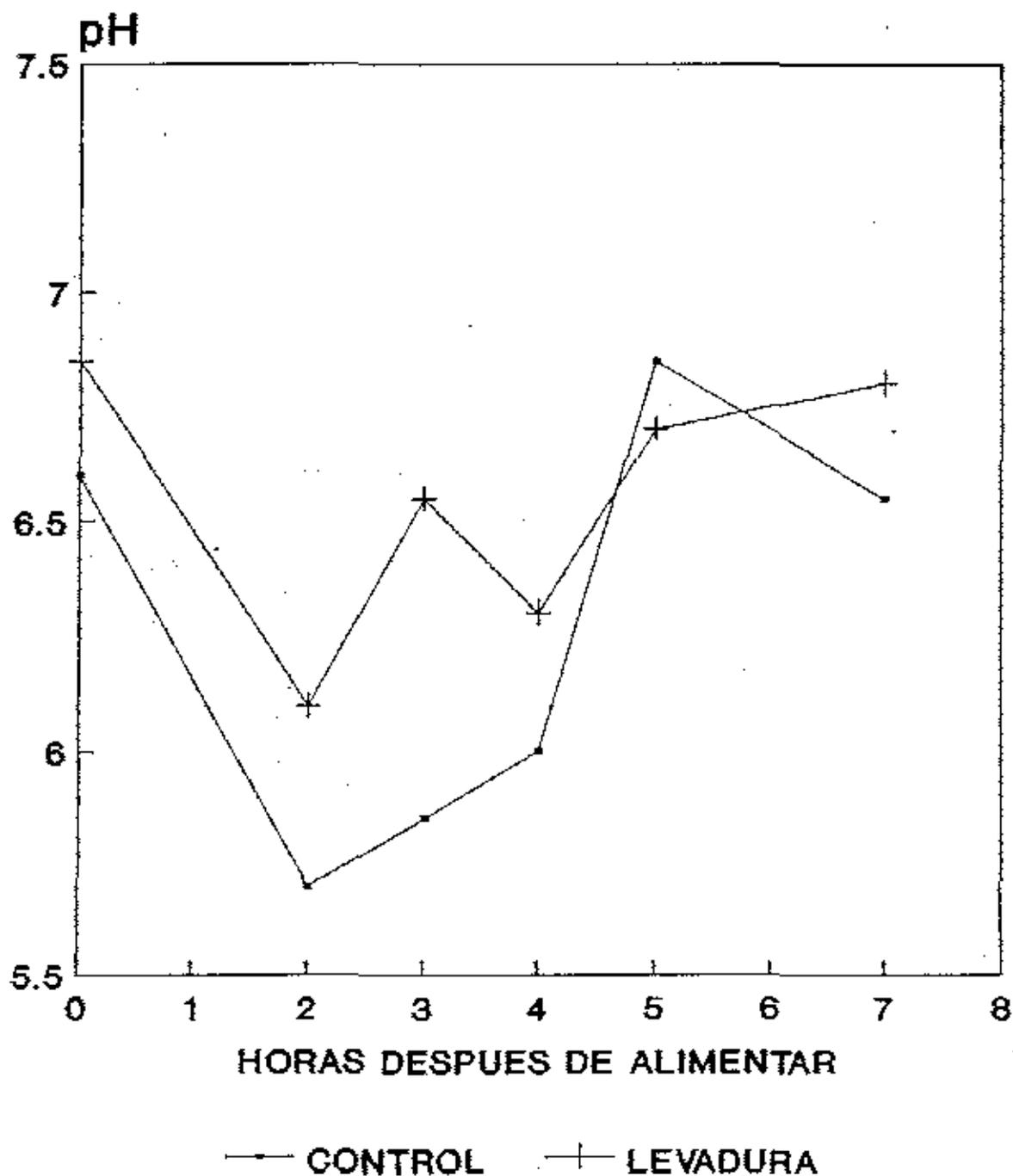
- WILLIAMS, P. AND NEWBOLD, C. 1990. The effects of novel microorganism on rumen fermentation and ruminant productivity. Presented at 24th. University of Nottingham Feed Manufacturers Conference. Sutton Bonington. Loughborough, England.
- WILLIAMS, P.; TAIT, C.; INNES, G.; NEWBOLD, C. 1991. Effects of including yeast culture (Saccharomyces cerevisiae plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and fermentation patterns in the rumen of steers. *Journal of Animal Science*. 69 : 3016 - 3026.
- WOHLT, J.; FINKELSTEIN, A.; CHUNG, C. 1991. Yeast culture to improve intake, nutrient digestibility, and performance by dairy cattle during early lactation. *Journal of Dairy Science*. Vol. 74 : 4. 1395 - 1400.

A N E X O S.

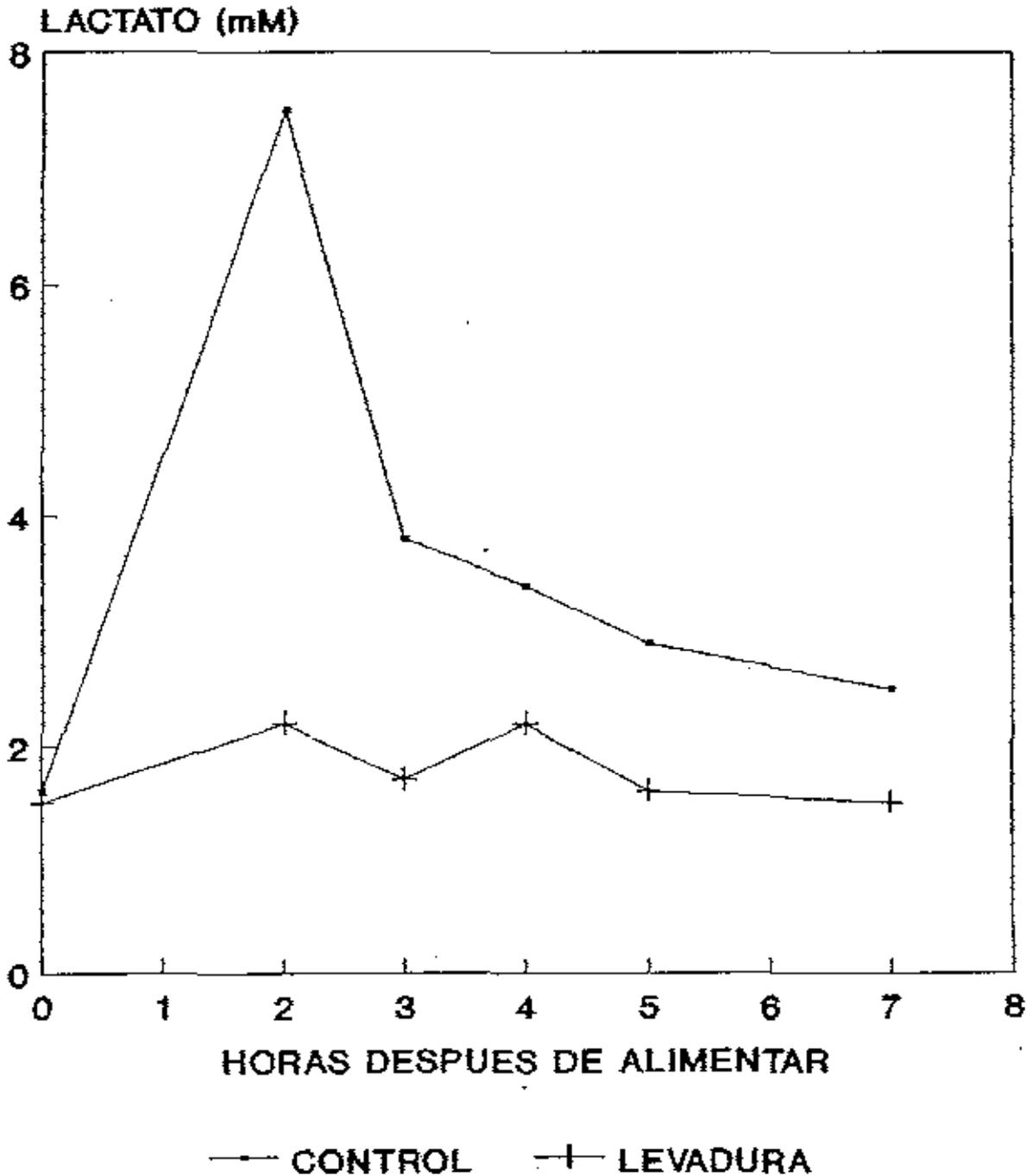
ANEXO 1.- Relación acetato : propionato en el rumen en presencia o ausencia de cultivo de levaduras.



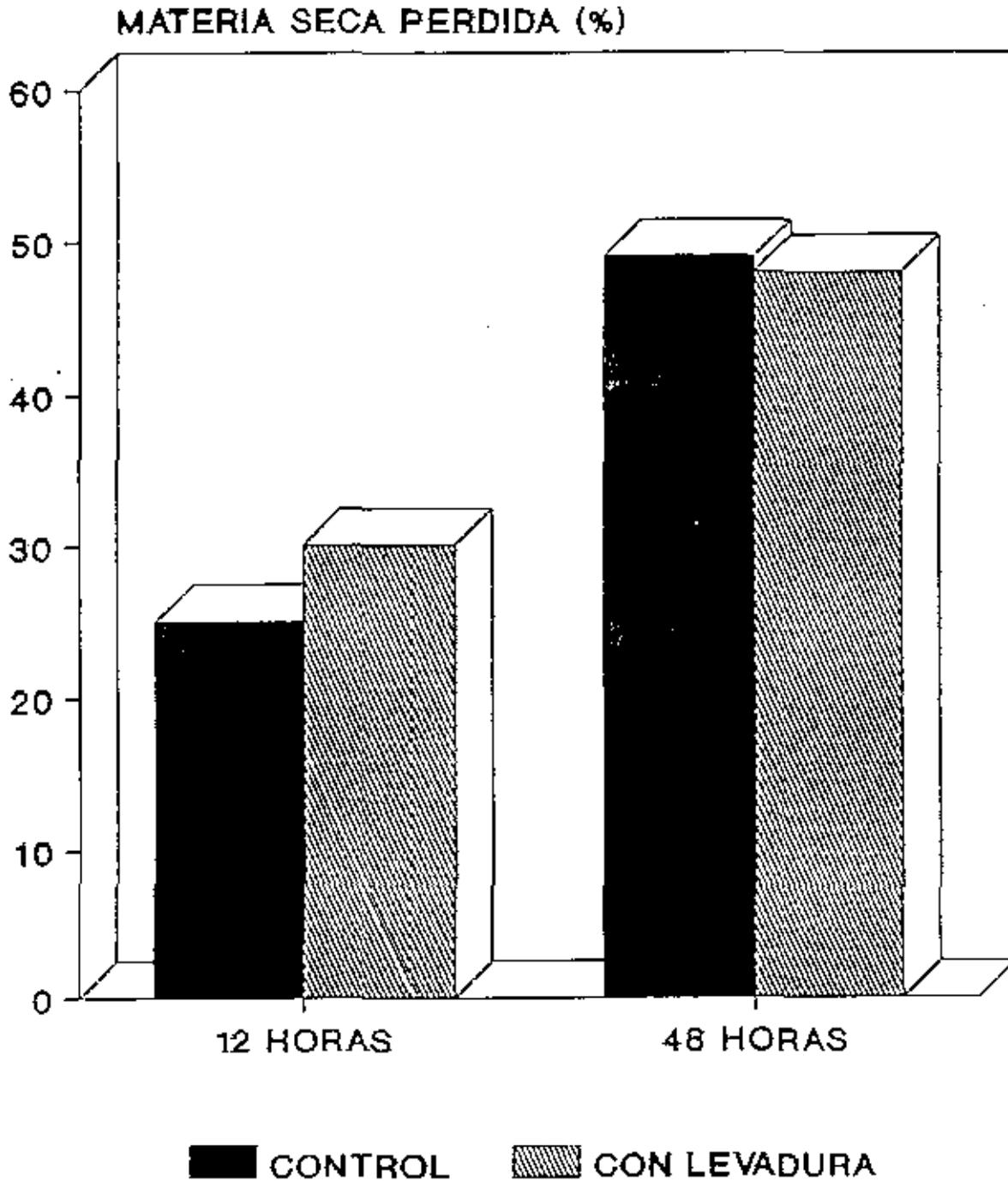
ANEXO 2.- Cambio del pH del rumen de novillos que recibieron una dieta con o sin levadura.



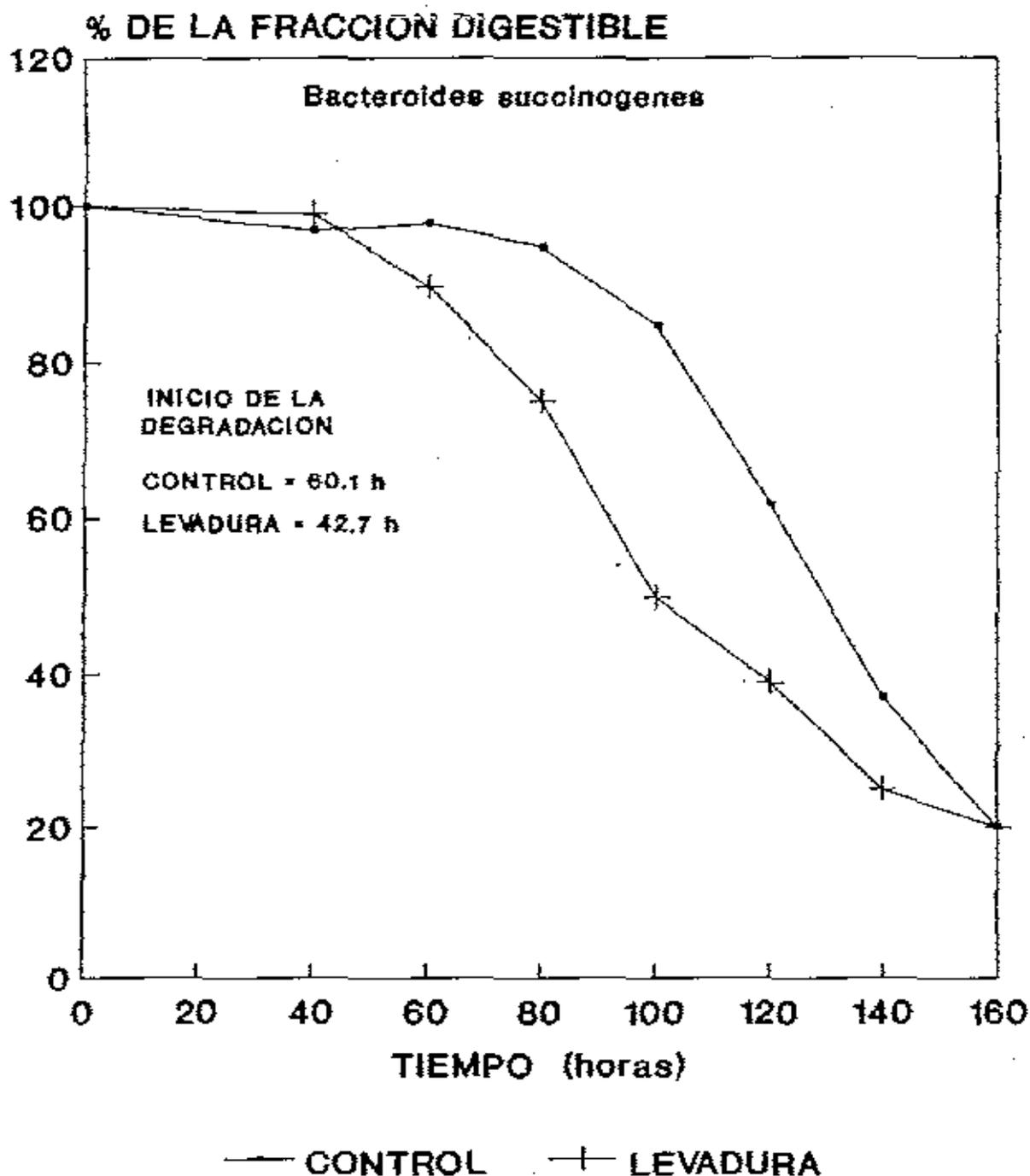
ANEXO 3.- Concentración de lactato en el rumen en presencia o ausencia de levaduras.



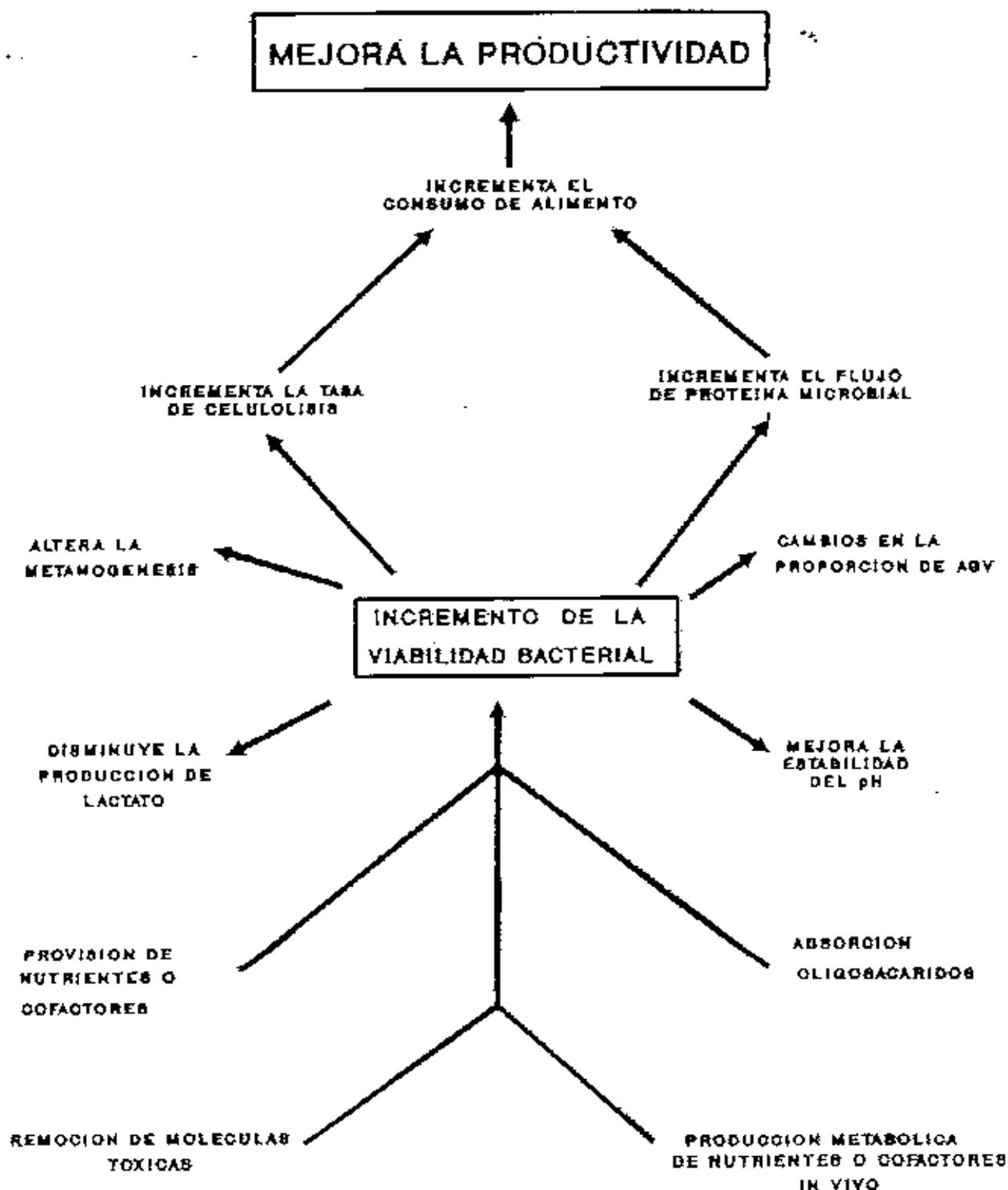
ANEXO 4.- Digestión *in situ* del heno en el rumen de novillos que recibieron una dieta con o sin cultivo de levaduras.



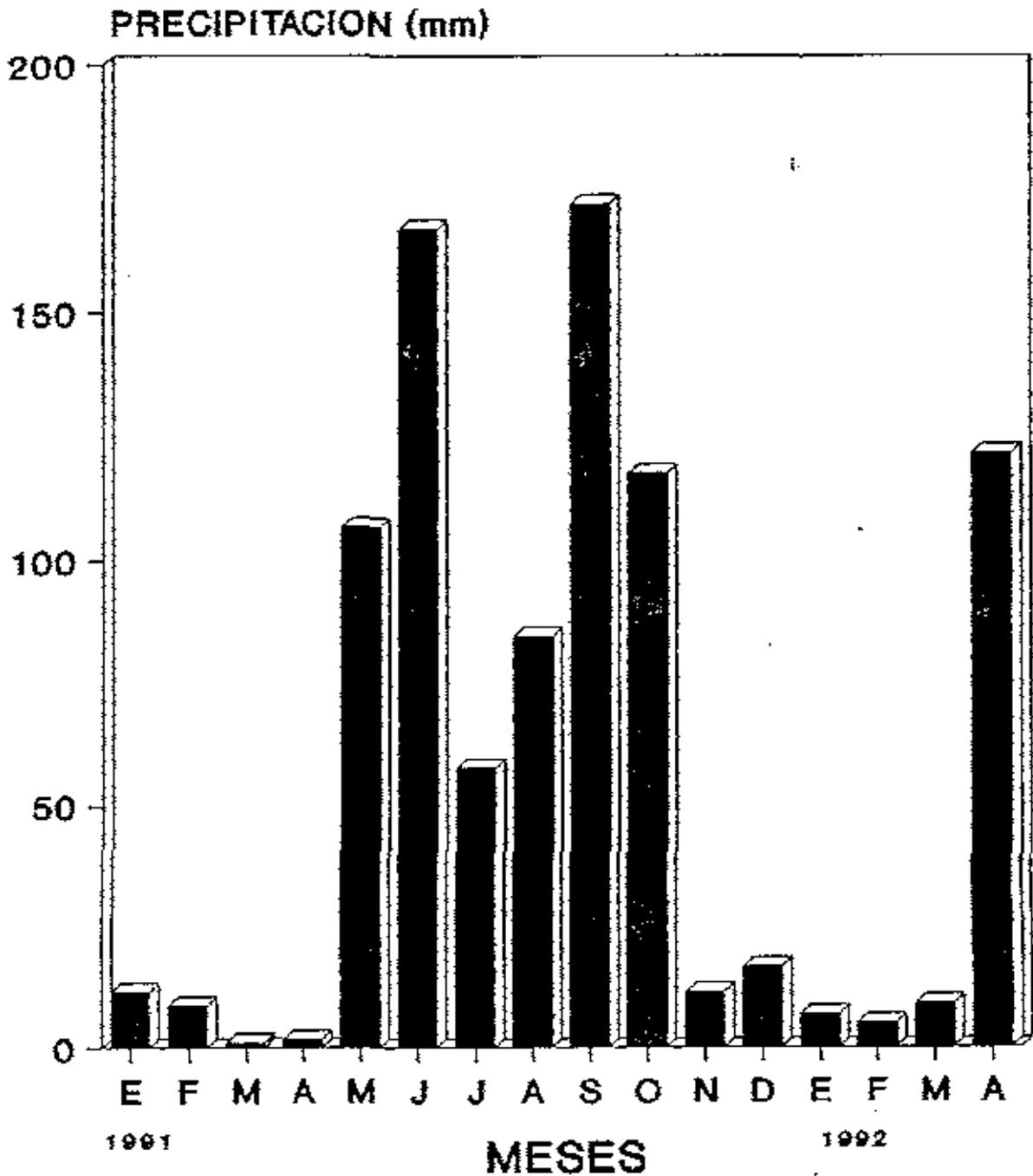
ANEXO 5.- Degradación de la celulosa por las bacterias ruminales en presencia o ausencia de células de levadura.



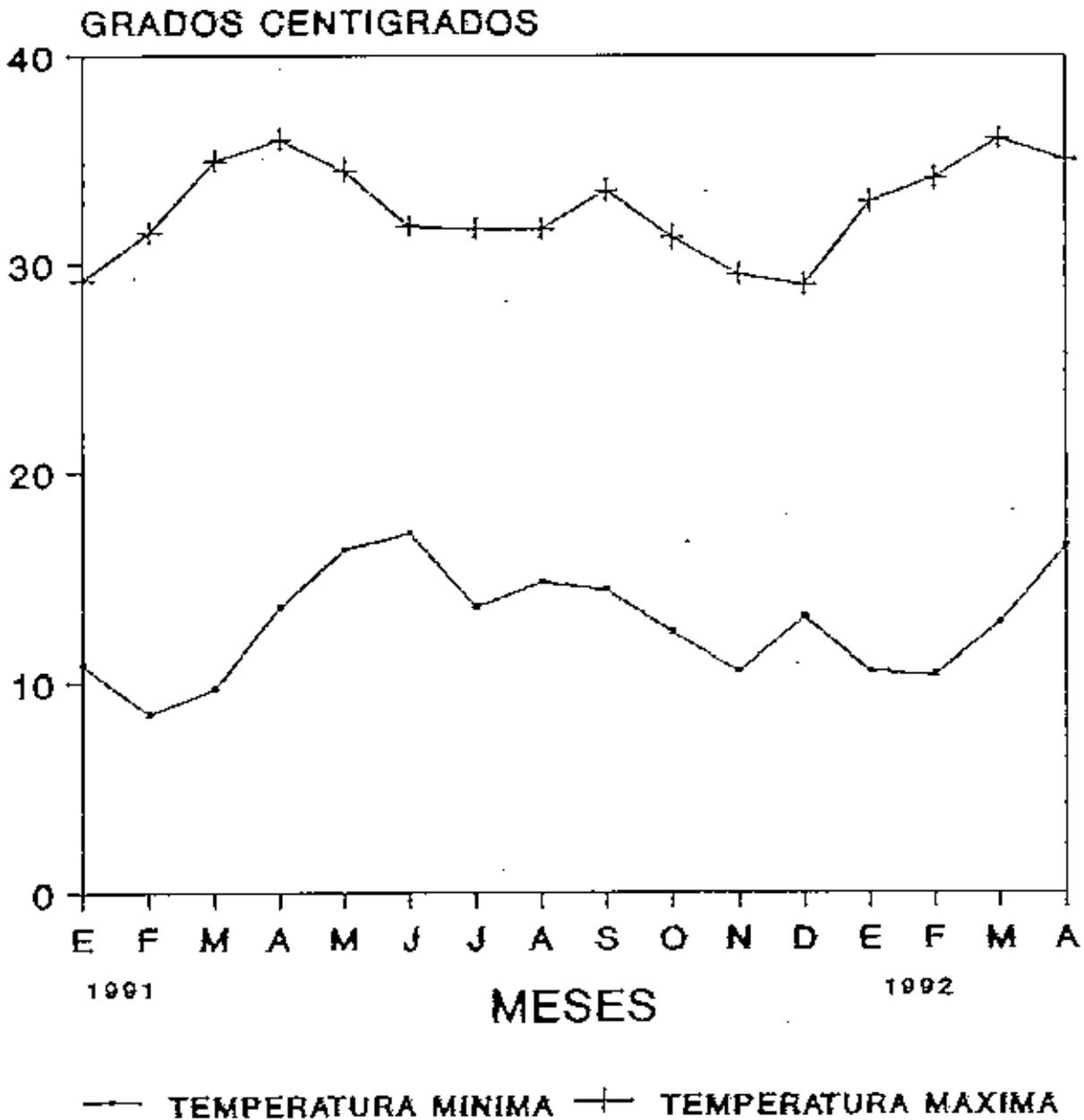
## ANEXO 6.- Modelo de los efectos del cultivo de levaduras.



ANEXO 7.- Precipitación mensual en la Escuela Agrícola Panamericana de enero de 1991 a abril de 1992.



ANEXO 8.- Temperaturas máximas y mínimas en la Escuela Agrícola Panamericana durante el período experimental.



ANEXO 9.- Media de las observaciones para cada variable dentro de cada tratamiento durante los primeros 180 días.

VARIABLES	CONTROL	LEVADURA
Producción de leche (4%) &	14.12	15.78
Contenido de Grasa %	3.89	3.90
Contenido de Proteína %	3.08	3.08
Producción de grasa &	0.55	0.62
Producción de proteína &	0.44	0.49
Consumo de concentrado &	3.61	4.40

& = kg/vaca/día

ANEXO 10.- Análisis de varianza para producción de leche corregida al 4% de grasa (kg/vaca/día) durante los primeros 180 días.

FV	gl	SC	CM	F	Prob.
Repeticiones	20	1908.15	95.41	3.51	0.0038
Tratamientos	1	172.24	172.24	6.34 *	0.0204
Error	20	543.46	27.17		
Mes	5	1494.84	298.97	111.24 **	0.0000
Tra x Mes	5	14.79	2.96	1.10 ns	0.3614
Error	200	537.50	2.69		
Total	251				

Coefficiente de variación: 10.97 %

ns = no significativo

\*\* = significativo al 1%

\* = significativo al 5%

ANEXO 11.- Análisis de varianza para el contenido de grasa (%) durante los primeros 180 días.

FV	gl	SC	CM	F	Prob.
Repeticiones	20	82.45	4.12	10.40	0.0000
Tratamientos	1	0.01	0.01	0.04 ns	
Error	20	7.93	0.39		
Mes	5	10.91	2.18	13.24 **	0.0000
Tra x Mes	5	0.31	0.06	0.38 ns	
Error	200	32.95	0.16		
Total	251	134.56			

Coefficiente de variación: 10.41 %

ns = no significativo

\*\* = significativo al 1%

\* = significativo al 5%

ANEXO 12.- Análisis de varianza para el contenido de proteína (%) durante los primeros 180 días.

FV	gl	SC	CM	F	Prob.
Repeticiones	20	11.70	0.58	4.23	0.0011
Tratamientos	1	0.00	0.00	0.00 ns	
Error	20	2.77	0.14		
Mes	5	5.87	1.17	32.23 **	0.0000
Tra x Mes	5	0.14	0.03	0.76 ns	
Error	200	7.28	0.04		
Total	251	27.76			

Coefficiente de variación: 6.19 %

ns = no significativo

\*\* = significativo al 1%

\* = significativo al 5%

ANEXO 13.- Análisis de varianza para la producción de grasa  
(kg/vaca/día) durante los primeros 180 días.

FV	gl	SC	CM	F	Prob.
Repeticiones	20	4.57	0.23	4.71	0.0005
Tratamientos	1	0.30	0.30	6.23 *	0.0214
Error	20	0.97	0.05		
Mes	5	1.88	0.38	87.91 **	0.0000
Tra x Mes	5	0.02	0.00	0.85 ns	
Error	200	1.11	0.00		
Total	251	8.86			

Coefficiente de variación: 12.63 %

ns = no significativo

\*\* = significativo al 1%

\* = significativo al 5%

ANEXO 14.- Análisis de varianza para la producción de  
proteína (kg/vaca/día) durante los primeros 180  
días.

FV	gl	SC	CM	F	Prob.
Repeticiones	20	0.94	0.05	1.59	0.1525
Tratamientos	1	0.17	0.17	5.82 *	0.0279
Error	20	0.59	0.03		
Mes	5	1.36	0.27	95.05 **	0.0000
Tra x Mes	5	0.01	0.00	0.82 ns	
Error	200	0.57	0.00		
Total	251	3.65			

Coefficiente de variación: 11.52 %

ns = no significativo

\*\* = significativo al 1%

\* = significativo al 5%

ANEXO 15.- Análisis de varianza para el consumo de concentrado (kg/vaca/día) durante los primeros 180 días.

FV	gl	SC	CM	F	Prob. -
Repeticiones	20	461.62	23.08	3.57	0.0032
Tratamientos	1	39.31	39.31	6.08 *	0.0228
Error	20	129.28	6.46		
Mes	5	355.19	71.04	112.94 **	0.0000
Tra x Mes	5	4.29	0.86	1.36 ns	0.2396
Error	200	125.80	0.62		
Total	251	1115.48			

Coefficiente de variación: 19.80 %

ns = no significativo

\*\* = significativo al 1%

\* = significativo al 5%

ANEXO 16.- Promedio de las observaciones por vaca para las variables dentro de los tratamientos durante todo el periodo experimental.

VARIABLES	CONTROL	LEVADURA
Producción de leche (4%) &	12.62	14.00
Contenido de Grasa %	3.76	3.79
Contenido de Proteína %	3.04	3.02
Producción de grasa &	0.49	0.52
Producción de proteína &	0.39	0.43
Consumo de concentrado &	3.16	3.77

& = kg/vaca/día

ANEXO 17.- Análisis de varianza para la producción de leche al 4% de grasa promedio para todo el período experimental.

FV	gl	SC	CM	F	Prob.
Repeticiones	24	219.85	9.16	1.85	0.0697
Tratamientos	1	24.08	24.08	4.86 *	0.0373
Error	24	118.93	4.95		
Total	49	362.87			

Coefficiente de variación: 16.72 %

\* = significativo al 5%

ANEXO 18.- Análisis de varianza para el contenido de grasa promedio (%) para todo el período experimental.

FV	gl	SC	CM	F	Prob.
Repeticiones	24	26.05	1.09	8.35	0.0000
Tratamientos	1	0.00	0.00	0.05 ns	
Error	24	4.10	0.17		
Total	49	30.16			

Coefficiente de variación: 10.95 %

ns = no significativo

ANEXO 19.- Análisis de varianza para el contenido de proteína promedio (%) para todo el período experimental.

FV	gl	SC	CM	F	Prob.
Repeticiones	24	4.86	0.20	8.79	0.0000
Tratamientos	1	0.00	0.00	0.14 ns	
Error	24	0.55	0.02		
Total	49	5.41			

Coefficiente de variación: 5.01 %

ns = no significativo

ANEXO 20.- Análisis de varianza para la producción de grasa promedio (kg/vaca/día) para todo el período experimental.

FV	gl	SC	CM	F	Prob.
Repeticiones	24	0.65	0.027	1.52	0.1590
Tratamientos	1	0.01	0.012	0.68 ns	
Error	24	0.43	0.018		
Total	49	1.09			

Coefficiente de variación: 26.31 %  
ns = no significativo

ANEXO 21.- Análisis de varianza para la producción de proteína promedio (kg/vaca/día) para todo el período experimental.

FV	gl	SC	CM	F	Prob.
Repeticiones	24	0.18	0.007	1.43	0.1921
Tratamientos	1	0.01	0.016	2.83 ns	0.1050
Error	24	0.12	0.005		
Total	49	0.31			

Coefficiente de variación: 17.49 %  
ns = no significativo

ANEXO 22.- Análisis de varianza para el consumo de concentrado promedio (kg/vaca/día) para todo el período experimental.

FV	gl	SC	CM	F	Prob.
Repeticiones	24	59.20	2.48	2.05	0.0422
Tratamientos	1	4.55	4.55	3.76 *	0.0641
Error	24	28.98	1.21		
Total	49	93.05			

Coefficiente de variación: 31.73 %