



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Sede Santo Domingo

DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

“LEVADURA VIVA *Saccharomyces cerevisiae* EN LA DEGRADABILIDAD *IN VITRO* DE UNA DIETA PARA BOVINOS BASADA EN FORRAJE MÁS CONCENTRADO. QUEVEDO – LOS RÍOS. 2014”

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL GRADO DE MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL

AUTOR

Piedad Francisca Yépez Macías

DIRECTOR

Dr. Juan Humberto Avellaneda Cevallos, Ph.D.

Santo Domingo – Ecuador

MAYO, 2015

“LEVADURA VIVA *Saccharomyces cerevisiae* EN LA DEGRADABILIDAD *IN VITRO* DE UNA DIETA PARA BOVINOS BASADA EN FORRAJE MÁS CONCENTRADO”

Dr. Juan Humberto Avellaneda Cevallos, Ph.D.
DIRECTOR DE TESIS

APROBADO

Dra. Luz María Martínez Buñay, M.Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. José Herminio Jiménez, M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Julio Enrique Usca Méndez, M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo, de mayo 2015

CERTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Piedad Francisca Yépez Macías declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional.

Además; y, que de acuerdo a la Ley de propiedad intelectual, el presente Trabajo de Investigación pertenecen todos los derechos a la Universidad Tecnológica Equinoccial, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Piedad Francisca Yépez Macías

C.C. 1202373567

INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

En mi calidad de Director del Trabajo de Grado “Levadura viva *Saccharomyces Cerevisiae* en la degradabilidad *in vitro* de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado” realizado por la Ing. Piedad Francisca Yépez Macías, para optar el título de MAGISTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL, certifico que dicho trabajo reúne los requisitos y disposiciones emitidas por la Universidad Tecnológica Equinoccial por medio de la Dirección General de Posgrados para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la Ciudad de Santo Domingo, a los 30 del mes de abril del 2015.

Dr. Juan Humberto Avellaneda Cevallos, Ph.D.

C.I 1202977714

Agradecimiento

El presente trabajo de investigación deja constancia de su agradecimiento:

A la Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo y la Dirección de Posgrado por el apoyo en la Maestría.

Al Dr. Juan Avellaneda por su tiempo y oportunidad brindada para el proceso de desarrollo de este trabajo.

A los docentes por sus conocimientos impartidos en la Maestría.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para la elaboración de la presente investigación.

Dedicatoria

A Dios, quien me dio fe, fortaleza y esperanza para cumplir con esta meta. A mi padre, aunque no esté presente, pero estoy segura que donde Dios lo tenga en su santa gloria, él está cuidando de mí y deseándome lo mejor en mi vida. A mi madre y hermanas, que siempre me apoyaron plenamente. A mi esposo que supo entender mis ratos de ausencia, gracias por todo el apoyo e hizo que me sintiera con toda la energía del mundo para terminar con éxito.

PIEDAD YÉPEZ MACÍAS

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULOS	Pág.
Páginas preliminares.....	i
Índice general.....	vii
Índice de tablas	ix
Resumen.....	xiv
Summary.....	xv

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo General.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.2. Hipótesis	3

CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación	4
2.2.1. Digestibilidad.....	10
2.2.1.1. Digestibilidad in vivo	101
2.2.1.2. Digestibilidad <i>in vitro</i>	14
2.2.2. Levaduras	15
2.2.3. Producción de pasto King Grass.....	18

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio.....	20
3.2. Técnicas, procedimientos, instrumentos y recursos	20
3.2.1. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	20

3.2.2. Técnicas de Procesamiento y Análisis de los Datos	21
3.2.3. Recursos Humanos, Materiales y Tecnológicos	21
3.3. Diseño experimental, factores y variables de estudio	22
3.3.1. Diseño experimental	22
3.3.2. Factor y variable de estudio	24
3.4. Manejo del experimento	25

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Degradabilidad <i>in vitro</i> de la materia seca.....	26
4.2. Degradabilidad <i>in vitro</i> de la materia orgánica	28
4.3. Biodisponibilidad <i>in vitro</i> de la materia inorgánica.....	29

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	31
5.2. Recomendaciones.....	31
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	39

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1. Condiciones climáticas de la zona experimental	20
Tabla 3.2. Esquema del experimento basado en la utilización de sustratos y nivel de levadura viva empleada	23
Tabla 3.3. Composición porcentual de ingredientes y química de las dietas experimentales	23
Tabla 3.4. Análisis de la varianza.....	24
Tabla 4.1. Efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia seca de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	27
Tabla 4.2. Efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia orgánica de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	29
Tabla 4.3. Efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Célula de la Levadura <i>Saccharomyces erevisiae</i>	16
Figura 2.2. Célula de levadura viva con microorganismos patógenos Adheridos a la pared	17

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia seca a las cero horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	39
Anexo 2. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia seca a las cero horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	39
Anexo 3. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia seca a las seis horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	40
Anexo 4. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia seca a las doce horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	40
Anexo 5. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia seca a las veinticuatro horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	41
Anexo 6. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia seca a las cuarenta y ocho horas	

	de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	41
Anexo 7.	Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia seca a las setenta y dos horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	42
Anexo 8.	Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las cero horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	42
Anexo 9.	Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las tres horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	43
Anexo 10.	Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las seis horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	43
Anexo 11.	Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las doce horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	44
Anexo 12.	Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las veinticuatro horas	

de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	44
Anexo 13. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las cuarenta y ocho horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	45
Anexo 14. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las setenta y dos horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	45
Anexo 15. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las cero horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	46
Anexo 16. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las tres horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	46
Anexo 17. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las seis horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	47
Anexo 18. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las doce horas de	

incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	47
Anexo 19. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las veinticuatro horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	48
Anexo 20. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las cuarenta y ocho horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	48
Anexo 21. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las setenta y dos horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.....	49



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

“LEVADURA VIVA (*Saccharomyces cerevisiae*) EN LA DEGRADABILIDAD *IN VITRO* DE UNA DIETA PARA BOVINOS BASADA EN FORRAJE MÁS CONCENTRADO. QUEVEDO – LOS RÍOS. 2014”

Autor: Piedad Francisca Yépez Macías
Director: Juan H. Avellaneda Cevallos; M. C., Dr. C. (Ph.D).
Fecha: abril, 2015

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar cuatro niveles de cultivo de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*) en la digestibilidad *in vitro* de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado. Se utilizó líquido ruminal de dos toros fistulados, como inóculo bacteriano. Se emplearon dos incubadores Ankon para digestibilidad *in vitro*, donde se depositaron las bolsas F57 (Ankon Technology) que contenían las muestras de los tratamientos experimentales. Se evaluaron cuatro tratamientos con seis repeticiones. Los tratamientos fueron, una dieta a base de forraje más concentrado (testigo, T1); el T2: T1 más 1 g de cultivo de levadura kg^{-1} de alimento; el T3: T1 más 2 g de cultivo de levadura kg^{-1} de alimento y el T4: T1 más 3 g de cultivo de levadura kg^{-1} de alimento. El experimento se desarrolló en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional con una duración de 90 días. Se evidenció que a las 3, 12 y 72 de incubación ruminal, la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIMS), no presentó cambios ($P > 0.05$) por efecto de la suplementación del cultivo de levadura (CL). No obstante, aunque de una manera no lineal, este CL provocó diferencias ($P < 0.05$) para los periodos de incubación de 0, 6, 24 y 48 horas. La degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia orgánica (DIMO) tampoco presentó un comportamiento lineal por efecto de la adición creciente del CL a la dieta base, existiendo diferencias ($P < 0.05$) sólo en los tiempos de incubación de 3, 24 y 48 horas, pero no en el mayor tiempo de incubación (72 horas); concluyéndose, que los CL no provocan cambios claros en la degradabilidad de las dietas estudiadas.

Palabras clave: líquido ruminal, king grass, cultivo de levadura, incubación *in vitro*



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN PRODUCCION ANIMAL**

**LIVE YEAST CULTURE (*Saccharomyces cerevisiae*) IN THE DEGRADATION IN
VITRO OF A DIET FOR CATTLE BASED ON FORAGE MORE
CONCENTRATED. QUEVEDO – LOS RÍOS. 2014**

Autor: Piedad Francisca Yépez Macías

Director: Juan H. Avellaneda Cevallos, Ph.D..

Fecha: mayo, 2015

SUMMARY

The aim was of evaluating four levels of cultivation of live yeast on (*Saccharomyces cerevisiae*) in vitro digestibility with a diet based in concentrate forage for cattle. Were used two bulls fistulated rumens in order to collect the rumen fluid of which served as a bacterial inoculum, two bags with (F57 Ankon Technology) specimens of the experimental treatments that were used. Four treatments with six replicates were evaluated. Treatments were, a diet that consisted of more concentrated feed (control, T1); T2: T1 plus 1 g yeast culture food kg⁻¹; T3: T1 plus 2 g of yeast culture food kg⁻¹ and T4: T1 plus 3 g of yeast culture food kg⁻¹ Four treatments with six replications were evaluated. The treatments were a diet of more concentrated feed (control, T1); T2: T1 plus 1 g yeast food kg⁻¹; T3: T1 plus 2 g of yeast kg⁻¹ feed and T4: T1 plus 3 g of yeast food kg⁻¹. The experiment was conducted at the Laboratory of Nutrition and Metabolism Rumiología lasting 90 days. Was evident that at 3, 12 and 72 hours of ruminal incubation in vitro degradability of dry matter (DIMS), showed no change ($P > 0.05$) in the effect of supplementation of yeast culture (CL). However, even in a nonlinear manner, this CL caused differences ($P < 0.05$) for incubation periods of 0, 6, 24 and 48 hours. The in vitro ruminal degradability of organic matter (DIMO) did not show changes due to the increasing addition of CL to the base of diet linear behavior, the existing differences ($P < 0.05$) were only in the incubation times of 3, 24 and 48 hours but not in the longer incubation time (72 hours); concluding that the CL do not caused clear changes in the degradability of the diets studied

Key words: rumen fluid, King grass, yeast culture, in vitro incubation

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los rumiantes poseen la capacidad de utilizar los forrajes y alimentos toscos, los cuales son poco utilizados por otras especies domésticas. Esto ocurre en el rumen gracias a la presencia de microorganismos que mediante procesos de fermentación degradan la dieta consumida generando ácidos grasos volátiles (AGV), que son la principal fuente de energía para el rumiante y los propios microorganismos ruminales. Además estas bacterias y protozoarios aportan una cantidad muy importante de la proteína que necesitan los animales en el día a día (Davis, 1993); sin embargo en los últimos tiempos, los rumiantes están siendo sometidos a dietas con alto niveles de concentrados con la finalidad de incrementar su nivel productivo, causando estos nuevos sistemas, algunos problemas metabólicos a los que hay que darle solución.

Una de esas alternativas, para minimizar el impacto ruminal de las dietas que contienen granos, es el uso de levaduras vivas ya que tienen muchas ventajas (Evans, Patterson, & Clark, 2012), mismas que además de contribuir a mejorar la eficiencia alimenticia (White, Harrison, Yoon, Sanchez, & Nicholson, 2008; Holtshausen & Beauchemin, 2010; Ondarza *et al.*, 2010a), producción y contenido de proteína en leche (Shaver & Garrett, 1997; Ondarza, Sniffen, Graham, & Wilcock, 2010b), ganancia diaria de peso (Ponce, Schutz, Elrod, Anele, & Galyean, 2012), y el incremento de las poblaciones de microorganismos totales del rumen (Fokink, Hill, Aldrich, Bateman, & Schlotterbeck, 2009) y en muchos casos el incremento en la digestibilidad de los forrajes (Alvarado, 2011), aunque en otros no presentan efecto (Hinman, Sorensen, & Momont, 1998; O'Connor, Martin, & Hill, 2002). Los betaglucanos presentes en la pared externa de las levaduras estimula el sistema de defensa natural del organismo; además de estimular de forma selectiva el crecimiento de las poblaciones de bacterias consumidoras de lactato (*Megaspharera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*) lo que reduce la presencia de ácido láctico, evitando así las caídas muy pronunciadas de pH ruminal, lo que disminuye la incidencia de acidosis y por lo

tanto los problemas digestivos, las cojeras y los altos conteos de células somáticas asociadas a esta causa (Alvarado, 2011).

Por ello, la presente investigación buscó estudiar los cambios que experimentan en términos de degradabilidad *in vitro*, dietas que se basan en forraje más concentrado, a las cuales se les adiciona levaduras vivas como mejoradoras de las características de uso ruminal de los componentes nutricionales, que permitan estimar los aumentos productivos que se traduzcan en mejores réditos económicos de los ganaderos bovinos, a través de la mayor producción de leche y/o carne.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de levaduras vivas *Saccharomyces cerevisiae* en la degradabilidad *in vitro* de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado.

1.1.2. Objetivos Específicos

Determinar los cambios de la degradación ruminal *in vitro* de la materia seca de dietas basadas en forraje más concentrado adicionando levaduras vivas.

Determinar los cambios de la degradación ruminal *in vitro* de la materia orgánica e inorgánica (cenizas) de dietas basadas en forraje más concentrado adicionando levaduras vivas.

1.2 Hipótesis

Ho1: La degradación in vitro de la materia seca de dietas basadas en forraje más concentrado será igual con todas las concentración de levaduras vivas adicionada.

Ho2: La degradación in vitro de la materia orgánica e inorgánica (cenizas) de dietas basadas en forraje más concentrado será igual con todas las concentración de levaduras vivas adicionada.

Ha1: La degradación in vitro de la materia seca de dietas basadas en forraje más concentrado será mejor con la concentración de 3 g kg^{-1} de levaduras vivas adicionada.

Ha2: La degradación in vitro de la materia orgánica e inorgánica (cenizas) de dietas basadas en forraje más concentrado será mejor con la concentración de 3 g kg^{-1} de levaduras vivas adicionada.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Según White, Harrison, Yoon, Sanchez, & Nicholson (2008) quienes en un estudio en el que utilizaron aproximadamente 260 vacas Holstein de una lechería comercial, evaluaron un testigo y el empleo de 56 g d⁻¹ de un cultivo de levadura (CL), con el fin de cuantificar el beneficio del CL en la eficiencia de la producción de leche, encontraron que las vacas que recibieron el CL mostraron numéricamente mayor consumo de materia seca (CMS) (0.13 kg d⁻¹), un aumento (P<0.001) en la ganancia de peso, mayor contenido de grasa de la leche (P<0.02), mayor (P<0.08) producción de grasa en leche y menos contenido de proteína en leche (P<0.03). La producción de leche fueron similar entre tratamientos; sin embargo, hubo una tendencia para un aumento (P<0.19) en el contenido de grasa en la leche de las vacas alimentadas con levadura de cerveza. Las vacas del tratamiento testigo tuvieron numéricamente menor digestibilidad de la FDN.

El cultivo de levadura se ha utilizado en dietas de rumiantes conformadas por maíz y sorgo, con el fin de mejorar el rendimiento y estabilizar los cambios en las poblaciones microbianas ruminales (Hinman, Sorensen, & Momont, 1998). Por ello, realizaron un experimento con el propósito de determinar los efectos de un CL adicionada a dietas constituidas de residuos del procesamiento de cebada y papa, sobre el crecimiento de novillos, digestibilidad aparente de la dieta, características de la canal, concentración de ácidos grasos volátiles ruminal (AGV), y la concentración hepática de minerales. Para ello, setenta y dos novillos mestizos fueron asignados a dos tratamientos en un diseño completamente aleatorio. El tratamiento testigo recibió una dieta de acabado que consiste del 84% (base seca) de residuo de cebada y papa. El tratamiento CL recibió la misma dieta más 85 g del CL. La ganancia de peso diaria total de los novillos (1.46 y 1.56 kg d⁻¹) y eficiencia alimenticia (ganancia: alimento consumido, 151.8 y

158.6 g kg⁻¹ de materia seca (MS)), fueron estadísticamente diferentes (P<0.01) para el testigo y CL, respectivamente. No se observaron diferencias (P>0.24) para el consumo de materia seca total (CMST), características de la canal (P<0.38), concentración mineral hepática (P>0.14), digestibilidad aparente de la MS, PC, FDA, FDN y energía total (P>0.21). No se presentó diferencia (P>0.86) en la concentración ruminal total de AGV, sin embargo, la relación acetato:propionato disminuyó (P<0.05) para el tratamiento del CL debido al aumento de la concentración de propionato en novillos alimentados con este aditivo microbiano.

Por otra parte, un ensayo de campo que se llevó a cabo para evaluar el efecto dietario de un CL sobre la producción de leche, la composición, y el componente de producción de 11 lecherías comerciales en Wisconsin. En este experimento, se añadió un CL a la dieta total mezclada para permitir una ingesta diaria promedio de 57 g. Se observó que el CL aumentó (P<0.01) la producción de leche ajustada en 0.90 kg d⁻¹, aunque el contenido de grasa de la leche fue menor (P<0.01) para vacas alimentadas con CL de cerveza (3.55 vs. 3.65%), pero el rendimiento de grasa de leche fue similar. El CL redujo (P<0.05) el contenido de proteína en leche en 0.02 unidades porcentuales, pero el rendimiento de proteína fue mayor (P<0.01) para vacas alimentadas con CL (1.17 vs. 1.14 kg d⁻¹). La respuesta de la producción de leche fue positiva en 8 de 11 rebaños indicando estos resultados que bajo las condiciones de este estudio, la adición de CL a la dieta total mezclada en la etapa intermedia de lactancia de vacas comerciales lecheras de alta producción, aumenta la producción de leche y el rendimiento de proteína (Shaver & Garrett, 1997; Ondarza, Sniffen, Graham, & Wilcock, 2010).

Los CL secas activas (CLSA) basados en *Saccharomyces cerevisiae* son ampliamente utilizado en la producción de leche comercial en América del Norte y Europa para mejorar la producción de leche. Estos productos han sido pródigamente evaluados en dietas con base de maíz, sin embargo, su eficacia puede depender en el tipo de dieta. Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar el potencial beneficios de suplementar dietas basadas en cebada con CL para evaluar la producción de leche y la eficiencia de producción en las vacas

lecheras. Cuarenta vacas lecheras Holstein en lactación fueron asignados al azar a 2 tratamientos: 1) una dieta testigo (sin CL) y 2) un dieta suplementada. Todas las vacas fueron alimentadas con la dieta testigo durante 3 semanas, seguido de un periodo de 6 semanas a sus dietas asignadas. La dieta testigo consistía en 23% de ensilaje de cebada, 23% de ensilaje de alfalfa, 6% de heno de alfalfa, y 48% de un concentrado a base de cebada molida (base seca). Para la dieta alternativa, un CLSA (Levucell SC-1077, Lallemand Nutrición Animal, Milwaukee, WI) se añadió al concentrado para proporcionar 0.50 g de Levucell d^{-1} animal $^{-1}$ (1×10^{10} UFC d^{-1} animal $^{-1}$). No hubo diferencia en el peso corporal final (623 vs. 621 kg; $P=0.85$), ganancia diaria de peso (0.53 vs. 0.37 kg d^{-1} ; $P=0.35$), energía neta de producción (36.60 vs. 36.50 Mcal d^{-1} ; $P=0.95$), y la eficiencia de la energía neta producción (1.58 vs. 1.65 Mcal kg^{-1} de materia seca consumida; $P=0.20$) para vacas de la dieta testigo y la suplementada con CL, respectivamente. Tampoco hubo diferencia (23.20 vs. 22.70 kg d^{-1} ; $P=0.30$) en el consumo de materia seca (CMS), leche corregida al 3.50% de grasa (LCG, 35.60 vs. 36.60 kg d^{-1} ; $P=0.34$), o eficiencia de la producción de LCG (1.55 vs. 1.64 kg leche LCG kg^{-1} CMS; $P=0.28$) para vacas suplementadas con CL en comparación con las testigo (Holtshausen & Beauchemin, 2010).

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de dos suplementos alimenticios *Saccharomyces cerevisiae* (Sc1 y Sc2) en dos diferentes concentraciones (0.35 y 0.73 g L^{-1}) en la fermentación ruminal *in vitro* de maíz molido, almidón soluble, heno de alfalfa y heno del pasto Bermuda. En ausencia de sustratos añadidos, ambos suplementos de levadura aumentó ($P<0.05$) las concentraciones de metano, mientras que las concentraciones de acetato y propionato se incrementaron numéricamente. En incubaciones de maíz molido, ambas concentraciones (0.35 y 0.73 g L^{-1}) de ambos suplementos de *S. cerevisiae* tuvieron poco efecto sobre el pH y productos finales de la fermentación. Ambas la concentración de cada suplemento de *S. cerevisiae* aumentaron numéricamente concentraciones de acetato y butirato en las fermentaciones de almidón soluble. Además, el tratamiento de 0.73 g L^{-1} aumentó ($P<0.10$) la concentración de propionato de metilo, y ambos tratamientos de levadura

disminuyeron ($P < 0.05$) la relación acetato:propionato. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca del heno de alfalfa y heno del pasto Bermuda sí aumentó con el tiempo; sin embargo, la adición de ambas concentraciones de cada suplemento de *S. cerevisiae* tuvo poco efecto sobre la velocidad y tasa de digestión del forraje (O'Connor, Martin, & Hill, 2002).

Por su parte, Ondarza *et al.* (2010a) de la compilación y análisis de varios estudios (14 estudios de investigación) llevados a cabo a nivel internacional (160 observaciones que representan a 1.61 vacas) que pusieron a prueba el efecto de la inclusión en la dieta de cultivo de levadura viva (CL, *Saccharomy cerevisiae* CNCM I-1077). Demostraron que la producción de leche promedio fue de 31.56 kg (Desviación estándar; DE = 6.45) con 3.75% de grasa de leche (DE = 0.34) y la proteína verdadera 3.02% (DE = 0.15). El número de vacas por tratamiento se incluyó como un factor de ponderación, y el experimento se incluyó como un efecto aleatorio. Se evidenció que el CL viva mejoró significativamente ($P < 0.01$) el rendimiento de leche corregida al 3.50% de grasa (LCG; 35.54 vs. 34.58 kg d⁻¹, para el tratamiento de levaduras vivas y testigo, respectivamente). La eficiencia alimenticia (kg LCG al 3.50% / kg de consumo de materia seca, CMS) se mejoró ($P < 0.01$) con CL vivas (1.75 vs. 1.70 para CL vivas y testigo).

En una explotación lechera comercial de alta producción se evaluó el efecto de suplementar con un cultivo de levadura viva (CL; 4 g d⁻¹ vaca⁻¹) en las dietas de vacas Holstein lactantes. Se observó que la producción de leche fue mayor ($P < 0.05$) para las vacas alimentadas con levadura viva (41.20 vs. 42.40 kg d⁻¹ para el testigo vs. las alimentada con levadura viva, respectivamente Las vacas alimentadas con levadura viva después de 4 semanas de consumo de CL, produjeron más ($P < 0.05$) proteína verdadera de la leche (1.22 vs. 1.27 kg d⁻¹ para el testigo y CL, respectivamente). El rendimiento global de leche durante todo el periodo de prueba (12 semanas) no se vio afectada por la suplementación con el CL. La suplementación con levadura viva no tuvo efecto ($P > 0.10$) el rendimiento de leche corregida al 3.50% de grasa, el porcentaje de grasa de la leche, el rendimiento de la grasa de leche, o el porcentaje de proteína verdadera en leche durante todo el período de prueba. En general, el rendimiento de proteína

verdadera en leche tendió ($P=0.11$) a ser mayor con la adición de CL vivas a la dieta. El nitrógeno ureico en leche (mg dL^{-1}) y conteo de células somáticas (CCS) no se vieron afectados ($P>0.10$) por los tratamientos. Las vacas suplementadas con levaduras vivas producen leche con un mayor porcentaje de lactosa y sólidos no grasos ($P<0.05$) (Ondarza, Sniffen, Graham, & Wilcock, 2010b).

Dos grupos de vaquillas de carne ($n=237$; peso vivo medio inicial=191 kg) fueron utilizados por Ponce, Schutz, Elrod, Anele, & Galyean (2012), para evaluar los efectos de un cultivo de levaduras (CL) enzimáticamente hidrolizado (Celmanax; Variada Industries Corporation, Mason City, IA) incluidos en una dietas constituida por un 65% de concentrado, sobre el crecimiento y la morbilidad bovina a enfermedad respiratoria durante un período de recepción de 35 d. Tratamientos (replicados en 12 corrales de 9 a 11 novillas por corral) incluyeron 1) la dieta con 65% de concentrado que recibió la adición de Celmanax ($1.80 \text{ g d}^{-1} \text{ novilla}^{-1}$ de pared de CL hidrolizada enzimáticamente, diluida en un vehículo a un total de $14 \text{ g d}^{-1} \text{ c}$) o 2) la dieta base sin Celmanax (testigo; al que se le suministró los $14 \text{ g d}^{-1} \text{ vacilla}^{-1}$ del vehículo). No se detectó cambios ($P>0.15$) para las medidas de rendimiento o morbilidad a enfermedades bovinas respiratorias. El peso vivo inicial no fue diferente ($P>0.53$) entre los tratamientos ni tampoco el peso vivo los 35 días ($P=0.33$). La ganancia diaria promedio para los periodos (0 a 14 días; $P=0.05$) y para el total (35 días; $P=0.08$) tendió a ser mayor para las novillas suplementadas con Celmanax que para las novillas del tratamiento testigo. El consumo de MS de las novillas que recibieron Celmanax, fue mayor ($P\leq 0.03$) al compararse con el control en todos los periodos de medición durante el experimento, pero la eficiencia alimenticia, no difirió ($P\geq 0.17$) entre los tratamientos. La proporción de novillas tratadas una vez para la enfermedad bovina respiratoria tendió ($P=0.09$) a ser menor con el tratamiento Celmanax ($4.1\pm 2.09\%$ para Celmanax vs. $10.5\pm 3.92\%$ para el testigo). Los resultados sugieren que la suplementación de Celmanax con 14 g d^{-1} por vaca puede tener efectos positivos en el rendimiento a corto plazo y en la salud del ganado de carne.

Este estudio evaluó los efectos de la inclusión de un CL (*Saccharomyces cerevisiae* 1026) en los parámetros de fermentación ruminal de terneros. Diez novillos mentizos Angus Rojo por Nelore fistulados en rumen, confinados en corrales individuales fueron alimentados con una dieta que contenía 50% de ensilaje de sorgo y 50% de concentrado (% MS), misma que estaba conformada por cáscara de soja peletizada, sorgo, urea y una premezcla mineral. Un diseño completamente al azar se utilizó para comparar las dietas con o sin *Saccharomyces cerevisiae* (1 g 100 kg⁻¹ de peso vivo) en dos de las cuatro comida diaria. El pH ruminal, las concentraciones ruminales de nitrógeno amoniacal (N-NH₃), ácidos grasos volátiles (VFA) acetato, propionato, butirato, y valores de la relación acetato: propionato no fueron modificados por la administración de suplementos de levadura de cerveza. No hubo interacción entre el tiempo de muestreo y tratamientos para el pH y las concentraciones molares de acetato y propionato. El pH ruminal, concentraciones ruminal de acetato, propionato, AGV totales y la relación acetato: propionato mostraron una respuesta cuadrática relacionada con el tiempo de recolección (Gattass *et al.*, 2008).

Trabajos de Rose (1987) y Newbold *et al.* (1996), demostraron que al agregar levadura viva al fluido ruminal (*in vitro*), la presencia de oxígeno se reduce entre 46 y 89%; esto genera un aumento en la población de microorganismos totales del rumen cercano al 30% (Newbold *et al.* 1998); lo que conlleva a una mejor utilización de los alimentos, provocando un aumento en la producción de energía (Newbold, 1996) y proteína microbial que oscila entre 10 y 20% (Williams, Walker, & Macrae, 1990; Erasmus, Botha, & Kistner, 1992) la consecuencia directa de esta mejora es un incremento en la producción de leche y/o carne entre 5 y 8%.

2.2.1. Digestibilidad

El valor nutritivo de los alimentos es de vital importancia. No siendo suficientes los análisis bromatológicos, se deben considerar los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal (Rodríguez, Oliveira, & Guimarães, 2007). Por su parte, (Church & Pond, 1994) indican que la digestibilidad, estima la proporción de nutrientes en una ración que posiblemente son absorbidos por el animal. Gran parte, depende de la composición nutritiva de la ración, no obstante su medida se dificulta porque las heces tienen cantidades de materiales que no proceden de la dieta tales como glúcidos no fibrosos de origen endógeno, minerales, lípidos y compuestos nitrogenados (Merchen, 1993).

Razón por la cual, los coeficientes de digestibilidad son “aparentes”, empero son de gran utilidad y puede ser calculada *in vivo* o *in vitro*. Se puede estimar bajo cierto número de animales, o por medio de proceso natural de digestión en laboratorio, habiendo dificultades de tipo práctico en los dos casos (Lachmann & Araujo, 1999).

2.2.1.1. Digestibilidad *in vivo*

La digestibilidad *in vivo*, se ve alterada por: la capacidad de selección del animal en función de la oferta del alimento, la disponibilidad de agua, la tasa de pasaje del alimento y la eficiencia metabólica animal. También son consideradas las condiciones ambientales, haciendo que la técnica *in vitro* difícilmente pueda recrear las transformaciones que ocurren *in vivo* (Merchen, 1993). Para determinar del coeficiente de digestibilidad *in vivo*, se han utilizado varios métodos, dentro de ellos, los más importantes son el de colección total de heces (CTH) y el de las proporciones utilizando indicadores (Lachmann & Araujo, 1999).

a) Colección Total de Heces (CTH)

Al método CTH, se le considera el más confiable para determinar la digestibilidad, ya que involucra factores directos del alimento con el animal (Basurto & Tejada, 1992). Las muestras de material ofrecido al animal, lo rechazado, cuando se proporciona alimento *ad libitum*, muestras de heces y orina, son analizados en laboratorio, para controlar el balance de nutrientes ingeridos y excretados, conocidos como digestibilidad. El cálculo del coeficiente de digestibilidad, corresponde al porcentaje de un determinado nutriente que luego de ser consumido no es eliminado en forma de heces y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\%D = \frac{NI - NH}{NI} \times 100$$

Dónde:

NI= Cantidad total de nutriente ingerido

NH= Cantidad de nutriente que aparece en las heces

Este índice no sólo estima la digestibilidad del nutriente ingerido, ya que el hecho de no aparecer en las heces no significa que haya sido asimilado, sino que parte del alimento ingerido puede haberse eliminado de otra como las pérdidas de metano por medio del eructo, producto de la fermentación ruminal de los carbohidratos (Lachmann & Araujo, 1999).

Las desventajas de este método, desde el punto de vista práctico son: ser trabajoso (Huhtanen, Kaustell, & Joakkola, 1994), requerir de jaulas de colección, de personal capacitado, costo de mantenimiento animal (Basurto & Tejada, 1992) y el impedimento de utilizar hembras en los ensayos (Brandyberry, Cochran, Vanzant, & Harmon, 1991). Incluye medir diariamente el consumo de alimento,

levantar la colección fecal y de orines 1 o 2 veces al día a una misma hora sin contaminarlas y conservar los arneses en su sitio. En ensayos a pastoreo, este tipo de manejo se dificulta, ya que los animales deben estar adaptados al uso de arneses y a la constante manipulación (Doley, Casson, Cransberg, & Rowe, 1994), pudiendo causar un efecto detrimental sobre los hábitos de pastoreo del animal (Lachmann & Araujo, 1999).

b) Indicadores

Los indicadores permiten tener referencias de aspectos físicos, como la tasa de pasaje y aspectos químicos, como la hidrólisis y la absorción de los alimentos, estimando cuantitativa y cualitativamente la información nutricional (Lachmann & Araujo, 1999). Un indicador debe de ser inerte, no tóxico, no tener efectos fisiológicos, no ser absorbido ni metabolizado en su paso por el tubo digestivo y debe ser recuperado completamente tanto de materias primas como de alimentos procesados, debe mezclarse bien con el alimento y mantenerse uniformemente distribuido en la digesta, no tener influencia sobre las secreciones alimentarias, digestión, absorción, motilidad del tracto digestivo o sobre la excreción, no tener efecto sobre la microflora del tracto digestivo de importancia para el hospedero; además debe tener cualidades que permitan su medición precisa y ser barato (Rodríguez, Oliveira, & Guimarães, 2007). Como el indicador ideal no existe, se considera que cumpla sólo con la indigestibilidad, la recuperación completa y la fácil medición del material, además de no afectar al animal, no interferir la digestibilidad del alimento y contar con un método específico y sensible para su determinación (Owens & Hanson, 1992).

El método de las proporciones utilizando indicadores para determinar los coeficientes de digestibilidad se muestra como un procedimiento altamente válido, ya que sabiendo con precisión las cantidades de marcador y porcentaje de nutrientes en el alimento y en las heces a partir de una relación entre esas concentraciones, se determina la digestibilidad de los nutrientes. Para el cálculo de la digestibilidad con marcadores de cualquier nutriente (DN), según la técnica de proporciones se aplican estas fórmulas según (Lascano *et al.*, 1990)

$$\%DMS = 1 \times \frac{CMF}{CMH} \times 100$$

Dónde:

CMF = Concentración del marcador en el forraje

CMH = Concentración del marcador en las heces

$$\%D = 1 \times \frac{CMF \times NH}{CMH \times NF} \times 100$$

Dónde:

CMF = Concentración del marcador en el forraje

NH = Concentración del nutriente en las heces

CMH = Concentración del marcador en las heces

NF = Concentración del nutriente en el forraje

$$\%DA = 100 [100 (MA/MH) (NH/NA)]$$

Dónde:

DA = Digestibilidad aparente

MA =% de marcador en el alimento

MH =% de marcador en las heces

NH =% de nutriente en las heces

NA =% de nutriente en el alimento

Dentro de diversas clasificaciones que han tenido los indicadores, la más común es que existen internos y externos (Lascano *et al.*, 1990; Basurto & Tejada, 1992; Merchen, 1993; Church & Pond, 1994). Van Soest (1994), incluye una tercera categoría, los generados matemáticamente (como Nitrógeno fecal). Los indicadores internos son aquellos constituyentes naturales del alimento, que no son digeridos ni absorbidos por el animal como la lignina (Van Soest, 1994), o que se digieren muy poco (Church & Pond, 1994). La ventaja de ellos es que no es necesaria la preparación del marcador (Huhtanen, Kaustell, & Joakkola, 1994).

Los indicadores externos (óxido de cromo), son sustancias químicas que se suministran al animal directamente con la ración, en cápsulas (oral), soluciones (Huhtanen, Kaustell, & Joakkola, 1994) o incluso directamente en el rumen, cumpliendo la misma función que los internos (Lachmann y Araujo, 1999).

Se debe estandarizar el uso de un marcador para una situación específica, y como no hay indicador ideal siempre se ha de considerar el grado de error en las estimaciones (Lascano *et al.*, 1990). Es por esto que se recomienda hacer una evaluación de diferentes materiales y así determinar la fiabilidad de los estimados de digestibilidad obtenidos. Los indicadores más utilizados son la lignina y el óxido de cromo (Lachmann y Araujo, 1999).

2.2.1.2. Digestibilidad *in vitro*

La determinación del valor nutricional de los forrajes, mediante la técnica de digestibilidad *in vitro* fue descrita por Tilley & Terry (1963). La fermentación *in vitro* de los forrajes mediante un inóculo de microorganismos ruminales presenta probablemente el mejor cálculo hecho en laboratorio sobre la digestibilidad *in vivo*. Sin embargo, los ensayos *in vitro* requieren una fuente uniforme y confiable de inóculo ruminal que a menudo es difícil de obtener. Los problemas que mayormente se presentan son: la variación en la actividad del fluido ruminal, variaciones incontrolables que se dan dentro del laboratorio y entre laboratorios, y la disponibilidad de animales ruminalmente canulados (Arce, Arbaiza, Carcelén, & Lucas, 2003).

2.2.2. Levaduras

Según Fuller (1989) los probióticos como microorganismos vivos que incluidos en la alimentación de los animales afecta positivamente al huésped, mejorando su sistema digestivo. Las colonias pastosas corresponden a un grupo de hongos conocido como levaduras. Estas son organismos unicelulares que en algún momento de su ciclo de vida se multiplican por brotación o fisión. Muchas especies tienen un teleomorfo ascomicético, algunas basidiomicético. Las levaduras están ampliamente distribuidas en la naturaleza. Se hallan sobre hojas, flores, frutos, piel, cuero, plumas y tracto digestivo de animales herbívoros y omnívoros. Algunas están asociadas con insectos, pero el suelo es el mayor reservorio. Algunos géneros son típicos del suelo, por ejemplo *Schwanniomyces* y *Lipomyces* (Déak & Beuchat, 1996).

Son fermentadores enérgicos de los azúcares, fermentan glucosa más rápidamente bajo condiciones aerobias, Solo unos pocos glúcidos, principalmente hexosas y oligosacáridos, pueden ser fermentados por las levaduras, pero el rango de compuestos que pueden asimilar es mucho más amplio incluyendo además, pentosas, alcoholes, ácidos orgánicos, aminoácidos y glicósidos, unas pocas pueden hidrolizar almidón y otras poseen actividad pectolítica. Las fuentes comunes de nitrógeno son amonio, urea y aminoácidos. Muchas especies sintetizan todas las vitaminas necesarias para su crecimiento (Déak & Beuchat, 1996).

Es importante aclarar que si bien más de 76 especies se llaman levaduras existen miles de cepas diferentes las cuales son específicas para cada labor (panificación, destilería, producción de extractos de levadura y uso en animales). De igual manera cuando hablamos de productos para uso animal existen muchos y muy diferentes entre sí, por su composición y precio, razón por la cual el productor debe hacer una elección estricta basada en algunos factores como son: Entender cómo funcionan, características propias y calidad del producto, seriedad

e historial de la empresa productora, disponibilidad de investigación seria y reconocida donde se demuestre la funcionalidad de lo que le ofrece (Alvarado, 2011).

Las levaduras vivas de uso zootécnico como *Saccharomyces cerevisiae*, son posiblemente el grupo de microorganismos aerobios que más se ha estudiado y que mayor acogida ha tenido durante las dos últimas décadas en la producción bovina (Alvarado, 2011).

Las colonias de *Saccharomyces cerevisiae* con frecuencia exceden los 2.50 mm de diámetro sobre Malta-Glucosa a 25° C, sus células elipsoidales miden de 5 a 12 µm de largo (Déak & Beuchat, 1996). Estas tienen efectos beneficiosos y se asocian con mayor producción de leche y mejora el rendimiento de los rumiantes, también mejoran las condiciones para la síntesis de proteína microbiana, lo que resulta del aumento de la disponibilidad de energía para su síntesis (Abd-El-Ghani, 2004).

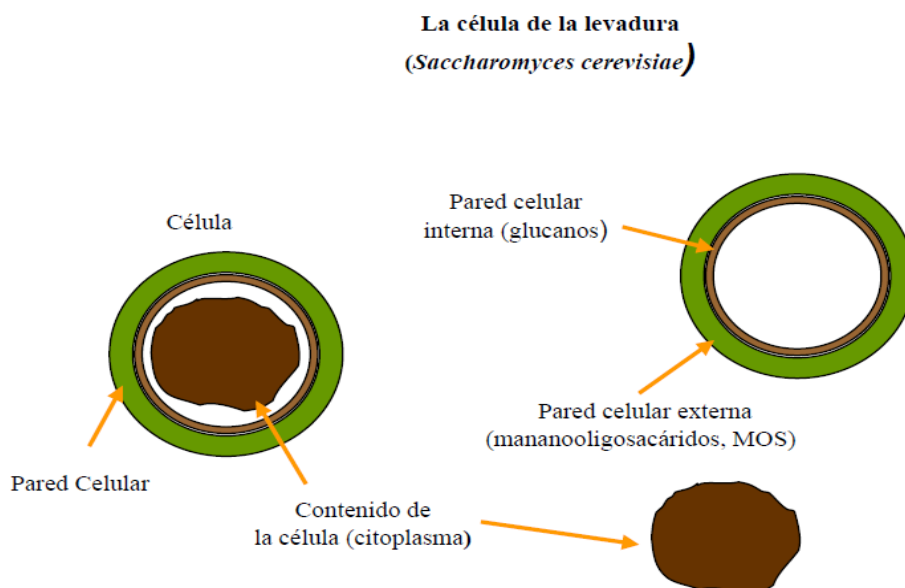


Figura 2.1. Célula de la Levadura *Saccharomyces cerevisiae* (González, 2003)

El modo de acción de *Saccharomyces cerevisiae* tiene tres grandes principios:

1.- La actividad respiratoria de la levadura viva, consume el oxígeno presente en el rumen y reduce el efecto negativo que éste tiene sobre la población de microorganismos estrictamente anaerobios.

2.- La presencia de levadura viva en el sistema digestivo de los animales provoca un fenómeno llamado exclusión competitiva en la cual ciertas bacterias capaces de provocar enfermedades se adhieren a la superficie de las levaduras (esto gracias a un azúcar que forma la pared de la levadura) eliminando así una cantidad importante de microorganismos nocivos y permitiéndole al animal defenderse de forma más efectiva.

3.- El betaglucono (componente que se encuentra en la pared externa de la levadura), estimula el sistema de defensa natural del organismo (Alvarado, 2011) (Figura 2.2).

En resumen el uso de levaduras vivas en rumiantes se asocia con respuestas zootécnicas positivas en diversas áreas a saber:

Aumenta el número de bacterias celulíticas y bacterias que utilizan ácido láctico, lo que genera un pH más estable del rumen haciendo eficiente el proceso de digestión y previene la laminitis asociada a acidosis.

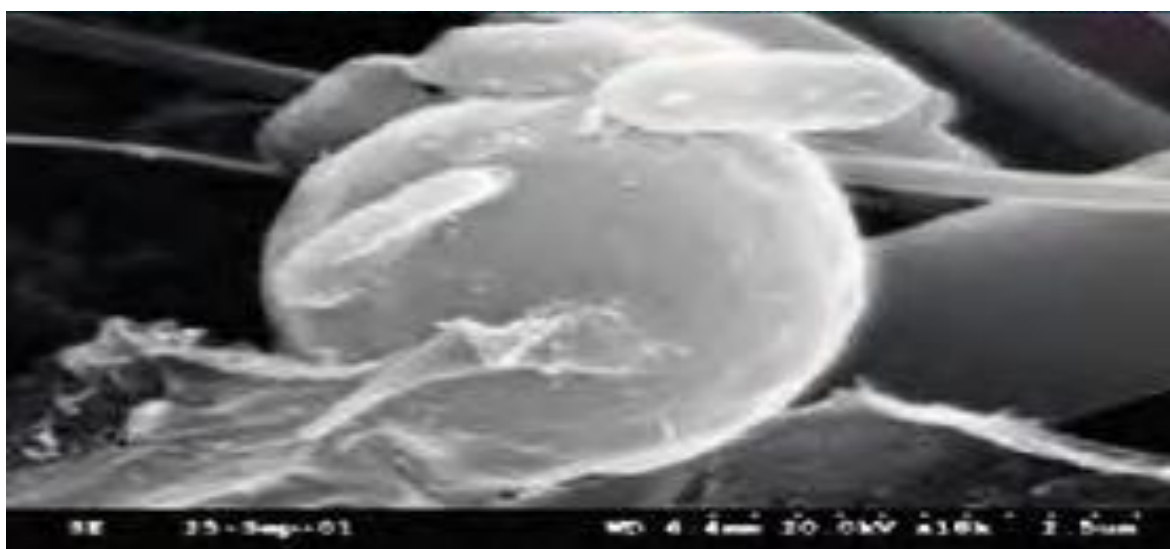


Figura 2.2. Célula de levadura viva con microorganismos patógenos adheridos a la pared (Newbold, 1996, citado por Alvarado, (2011)

Aumenta el consumo de materia seca y la degradación de la fibra.

Aumenta la producción de energía y de proteína microbiana en el rumen.

Aumenta la producción láctea, la ganancia de peso diario y mejora la condición corporal.

Ayuda a mantener estable la calidad de la leche y reduce el conteo de células somáticas en leche.

Estimula la respuesta inmune no específica de los animales (Newbold, 1996, citado por Alvarado, 2011).

2.2.3. Producción de pasto king grass

El king grass (*Pennisetum* sp.) es un cultivo perenne utilizado como forrajes para la alimentación directa del ganado o la producción de heno o ensilaje, se efectúan cortes varias veces en el año y cada corte significa el fin de un período de crecimiento y el comienzo del otro, varían acorde con otros factores como las temperaturas, insolación, humedad del suelo y tipo de condiciones climáticas, las que en parte pueden influir en las características de su degradabilidad en el rumen (Van Straalen y Tamminga, 1990; citado por Pulido & Leaver, 2000), adicionando a esto, Meléndez, Ibarra, & Iglesias (2000); Araya & Boschini (2005) indican que la más utilizada es el *Pennisetum purpureum* cv. king grass, que se caracteriza por tener una buena producción de biomasa de calidad nutricional aceptable.

Por su parte, Herrera & Ramos (1990) demostraron que el pasto king grass *Pennisetum purpureum* cv. king grass, es el cultivar del género *Pennisetum* con mayor rendimiento anual de materia seca (20 a 28 t ha⁻¹) en comparación a otras variedades como el napier, enano y San Carlos (14 a 16 t ha⁻¹). Según Herrera (2005) y Espinoza, Argenti, Gil, León, & Perdomo (2001) el king grass se ha destacado como planta forrajera por su valor energético y alto potencial productivo tanto en riego como secanos, en Cuba y Latinoamérica. El proceso de lignificación del king grass es más acelerado que para otros forrajes como es el caso del sorgo negro *Sorghum almum*, que puede presentar valores de lignina de 4.83% a 77 días (Vargas, 2005).

Araya & Boschini (2005) a evaluar la producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* obtuvieron que los pastos king grass, taiwán, gigante y camerún, la edad para aprovecharlos es a los 70 días después del corte. Además, alrededor de los 112 y de nuevo a los 140 días obtuvieron cantidades de biomasa total mayores que los obtenidos a los 70 días después del corte, lo anterior debido al comportamiento del ciclo de crecimiento de las plantas en donde se produce mayor material, sin embargo, la magnitud de la producción por unidad de área que se obtienen a esas edades de corte no justifica el tiempo que se debe esperar para obtenerlos. Además, la producción de tallo aumenta en forma importante manteniendo la cantidad de hojas casi constante, afectando negativamente la relación hoja-tallo de los forrajes evaluados conforme aumenta la edad de éstos.

Los contenidos de materia seca aumentaron conforme a la edad de corte. Los contenidos proteína cruda y cenizas disminuyeron conforme avanzó la edad de corte. La edad de corte ideal para los *Pennisetum* estudiados varió según su estado fenológico, es decir, los resultados reportados a partir de comparaciones realizadas entre cultivos a diferentes edades y prácticas agronómicas no son consistentes con el potencial real de cada cultivar.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio

La presente investigación se la llevó a cabo en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional, ubicado en la finca experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias, ubicada en el Km. 7 vía Quevedo – El Empalme, provincia de Los Ríos. La ubicación geográfica es de 01° 0.6° de latitud sur y 79° 29° de latitud oeste y a una altura de 73 msnm y con unas condiciones climáticas de la zona experimental que se muestran en la tabla 3.1. La investigación tuvo una duración de tres meses.

Tabla 3.1. Condiciones climáticas de la zona experimental

Condición meteorológica	Valor	
Precipitación promedio mensual	140.70	mm
Temperatura promedio	25.80	°C
Heliofanía	97.53	horas luz
Humedad relativa	89.40	%
Clasificación ecológica	Bosque Seco Tropical (bs-T)	

Fuente: Cañadas (1983)

3.2. Técnicas, procedimientos, instrumentos y recursos

3.2.1. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se utilizó la técnica de observación directa, además de efectuar el registro diario de los datos experimentales en el libro de campo, para luego ser trasladados a una hoja de cálculo electrónica del programa Excel, previo al análisis estadístico respectivo.

3.2.2. Técnicas de Procesamiento y Análisis de los Datos

Para el procesamiento de la información se utilizó el software estadístico INFOSTAT versión 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

3.2.3. Recursos Humanos, Materiales y Tecnológicos

Recursos Humanos

Director de Tesis,

Investigador

Laboratorista

Materiales

Pasto king grass verde (*Pennisetum sp*)

Levadura viva

Alimento Balanceado UTEQ

Frascos de anaerobiosis

Bolsas ANKOM F57

Registros

Material de oficina

Reactivos

Líquido ruminal

Saliva artificial

Dióxido de carbono (CO₂)

Hidróxido de sodio (NaOH)

Ácido clorhídrico (HCl)

Equipo

Balanza

Mufla

Baño María

Molino

Equipo de limpieza y desinfección

Cámara fotográfica y de video

3.3. Diseño experimental, factores y variables de estudio

3.3.1. Diseño experimental

En esta investigación se utilizó un diseño completo al azar (DCA). Se empleó un total de cuatro tratamientos que se distribuyeron totalmente al azar en el sitio experimental. Según el esquema del experimento (Tabla 3.2.), se utilizó seis repeticiones, siendo cada bolsa de ankon F57 una repetición (168 bolsas de ankon F57: 4 tratamientos x 6 repeticiones y 7 tiempos). Cada tratamiento represento la dieta base a la que se le adicionó los diferentes niveles de levaduras (0, 1, 2 y 3 g kg⁻¹; Tabla 3.3), cuyos resultados fueron analizados estadísticamente (Tabla 3.4), y efectuándosele la prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad.

Tabla 3.2. Esquema del experimento basado en la utilización de sustratos y nivel de levadura viva empleada

Código	Sustrato	Nivel de levadura (g kg ⁻¹)	Unidades experimentales por tratamiento	Repeticiones por tratamiento	Subtotal por Tratamiento y tiempo de incubación
PC0	Pasto + concentrado	0	1	6	6
PC1	Pasto + concentrado	1	1	6	6
PC2	Pasto + concentrado	2	1	6	6
PC3	Pasto + concentrado	3	1	6	6
Total por tratamiento					24
Total experimental (total tratamiento por tiempo de incubación) (24x7)					168

Tabla 3.3. Composición porcentual de ingredientes y química de las dietas experimentales

Ingrediente	Composición (%)	
Pasto King Grass	60.00	
Maíz	16.78	
Polvillo de arroz	7.20	
Torta de soya	12.00	
Aceite vegetal	2.09	
Carbonato de calcio	0.80	
Fosfato monocálcico	0.53	
Sal	0.60	
Total		100.00
Nutriente	Composición química	
Energía metabolizable, Kcal kg ⁻¹	2858.00	
Proteína total, %	12.06	
Grasa, %	3.05	
Fibra total, %	15.37	
Calcio, %	0.69	

Fósforo disponible, %	0.34
Cloro, %	0.83

Tabla 3.4. Análisis de la varianza

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamiento	t-1	4-1=3
Error	t(r-1)	4(6-1)=20
TOTAL	tr-1	4x6-1=23

El modelo estadístico empleado fue el siguiente:

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

Dónde:

- Y_{ij} : Variable de respuesta (Observación j en el grupo i (tratamiento i))
- μ : Media general
- T_i : Efecto fijo del grupo o tratamiento
- ε_{ij} : Error experimental

3.3.2. Factor y variables de estudio

a. Factor en estudio

Niveles de levaduras vivas (Alltech-Yea Sacc)

b. Variables en estudio

Digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS)

Digestibilidad *in vitro* de materia orgánica (DIVMO)

Digestibilidad de cenizas (DIVC)

3.4. Manejo del experimento

El líquido ruminal fue recolectado de dos toros fistulados de raza Brahman con un peso aproximado de 450 kg que fueron alimentados con pasto Saboya, agua y minerales ad libitum. El líquido ruminal se diluyó (4:1) con saliva artificial de pH 6.8 (Tilley & Terry, 1963). El pasto King Grass verde fue cortado a una edad de 75 días, secado a la intemperie y molido a un tamaño de 1 mm. En el alimento (pasto más concentrado), se determinó materia seca (MS) y orgánica (MO); proteína total (PT; $N \times 6.25$) y cenizas o materia inorgánica (C o MI) (AOAC, 1990). Para la digestibilidad *in vitro* (DIV) de la MS (DIVMS), MO (DIVMO) y de las C (DIVC) se utilizó la primera fase de la técnica de Tilley & Terry (1963), mezclando saliva artificial (McDougall, 1948) y líquido ruminal (relación 4:1). El medio (saliva de McDougall más líquido ruminal) se depositó en los frascos de anaerobiosis de 2000 mL del equipo ANKOM Technology, bolsas F57 con 500 mg de cada sustrato, muestras secadas (60° C durante 48 h) y molidas (malla 1 mm) con 0, 1, 2 y 3 g kg⁻¹ de levadura viva, para ser gaseado con CO₂, tapados para mezclar su contenido, la incubación se efectuó durante 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. La degradación se detuvo mediante refrigeración a 4° C.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Degradabilidad *in vitro* de la materia seca

Los resultados experimentales para esta variable (Tabla 4.1), demuestran que a las 3, 12 y 72 horas de incubación ruminal, la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIMS), no presentó cambios ($P > 0.05$) por efecto de la suplementación del cultivo de levadura (CL). No obstante, aunque de una manera no lineal, este CL provocó diferencias ($P < 0.05$) para los periodos de incubación de 0, 6, 24 y 48 horas. Este comportamiento no lineal, fue difícil de explicar, ya que no existieron indicios claros para poder determinar esta tendencia, aunque se puede presumir que en el nivel intermedio de adición del CL, hay un perfil ruminal favorable.

Sin embargo, estos resultados, fueron diferentes con los reportados por Bôas, Franzolin, & Souza (2007) quienes evaluaron la adición de tres cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* versus un tratamiento testigo, sobre la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca de la caña de azúcar. Esta discrepancia, pudo deberse a que estos autores midieron el efecto de tres diferentes cepas de levaduras, en lugar de un nivel incremental del mismo producto, estos efectos positivos del CL sustentan una de las bondades de estas, más aún, porque la fuente alimenticia investigada fue estrictamente forrajera.

Lo anterior es probable, por las peculiaridades que posee *S. cerevisiae* ya que uno de sus mecanismos de acción es la eliminación del oxígeno del ambiente ruminal, lo que se promueve que las bacterias anaeróbicas estrictas como las bacterias celulolíticas tengan un mejor crecimiento (McLeod, Karry, Dawson, & Mitchell, 1991); propendiendo al uso ruminal de la pared celular de los forrajes por mecanismos degradativos (Galloway, Goetsch, Sun, & Forester, 1991). Por otra parte, y similar a los resultados encontrados en la presente investigación, Gomes, Antunes, Nogueira, Ítavo, & Leme (2010), reportaron la no existencia de diferencias estadísticas en la degradabilidad ruminal *in situ* de la MS de una dieta testigo alta en concentrado con bagazo de caña como fuente forrajera, a la que se le adicionó un cultivo de levaduras vivas (CLV) de *Saccharomyces cerevisiae* (Beef Sacc®, Alltech, Inc.).

Tabla 4.1. Efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia seca de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Tiempo de incubación ruminal	Tratamiento experimental				P<
	T1	T2	T3	T4	
0	17.28 a	14.79 b	17.39 a	18.14 a	0.0017
3	20.63 a	20.42 a	21.14 a	19.80 a	0.4646
6	24.35 a	21.53 b	23.74 a	23.21 ab	0.0062
12	34.22 a	30.95 a	32.89 a	31.57 a	0.1387
24	43.03 b	44.23 ab	44.97 ab	45.72 a	0.0377
48	57.67 a	52.68 b	56.50 a	57.45 a	0.0025
72	64.49 a	63.24 a	64.90 a	63.11 a	0.2033

^{a,b,c} Promedios con literales idénticos, son estadísticamente iguales según Tukey (P<0.05).

T1: Testigo, sin cultivo de levadura kg⁻¹ de alimento; T2: T1 más 1 g de cultivo de levadura kg⁻¹ de alimento; T3: T1 más 2 g de cultivo de levadura kg⁻¹ de alimento; T4: T1 más 3 g de cultivo de levadura kg⁻¹ de alimento.

4.2. Degradabilidad *in vitro* de la materia orgánica

La degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia orgánica (DIMO; Tabla 4.2) de los tratamientos en estudio, tampoco presentó un comportamiento lineal por efecto de la adición creciente del CL a la dieta base, existiendo diferencias ($P < 0.05$) sólo en los tiempos de incubación de 3, 24 y 48 horas, pero no en el mayor tiempo de incubación (72 horas); estos resultados concuerdan con los reportados por Tripathi & Karim (2010) quienes evaluaron el efecto de la alimentación de CLV en la mejora de la utilización de nutrientes de una dieta total mezclada alta en concentrados con una proporción de 25% de forraje, estos autores estudiaron el efecto de tres CLV y la mezcla de ellas; sosteniendo que la carencia de efecto puede deberse al alto nivel de concentrado de la dieta.

El aumento de la digestibilidad del forraje de pobre calidad con frecuencia se reporta como respuesta a la suplementación de levadura vivas (Guedes, Goncalves, Rodríguez, & Silva da, 2008) misma que puede ser debida a la inducción del crecimiento de las bacterias celulolíticas (Plata, Mendoza, Barcena, & Gonzalez, 1994); sin embargo, en la presente investigación los animales fueron alimentados con una dieta que poseía concentrado (40%) por lo que esta condición pudiera haber limitado la presencia de resultados positivos sobre la DIMO; tal como lo reportó Tripathi & Karim (2010).

Tabla 4.2. Efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia orgánica de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Tiempo de incubación ruminal	Tratamiento experimental				P<
	T1	T2	T3	T4	
0	13.74 a	13.25 a	12.44 a	14.00 a	0.2602
3	17.48 ab	18.71 a	16.25 ab	16.10 b	0.0273
6	20.02 a	19.74 a	18.26 a	20.47 a	0.1023
12	32.60 a	31.24 a	29.25 a	29.55 a	0.0947
24	41.91 c	44.26 ab	43.50 bc	45.82 a	0.0012
48	58.78 a	54.67 c	55.80 bc	58.46 ab	0.0013
72	65.70 a	64.11 a	64.69 a	64.70 a	0.3826

^{a,b,c} Promedios con literales idénticos, son estadísticamente iguales según Tukey (P<0.05)

4.3. Biodisponibilidad *in vitro* de la materia inorgánica

Los resultados de esta variable, presentaron un alto grado de variabilidad e inconsistencia en la respuesta, en función de los tiempos y grado de degradabilidad ruminal, motivo por el cual no se pudo de manera concluyente definir la presencia de algún efecto negativo o positivo del CLV, en la biodisponibilidad del componente mineral de las dietas en estudio. Sin embargo, existió la presencia de diferencias (P<0.05) en casi todo los tiempos de incubación evaluados (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Tiempo de incubación ruminal	Tratamiento experimental				P<
	T1	T2	T3	T4	
0	40.23 a	27.48 b	47.93 a	49.09 a	0.0002
3	41.01 ab	34.58 b	51.25 a	47.73 a	0.0031
6	52.32 ab	36.33 c	57.53 a	44.60 bc	0.0002
12	44.69 ab	28.54 b	55.26 a	47.73 ab	0.0104
24	50.24 a	44.03 a	53.93 a	47.05 a	0.3106
48	50.52 a	36.33 b	60.68 a	52.19 a	0.0008
72	56.73 ab	56.02 ab	66.12 a	53.77 b	0.0255

^{a,b,c} Promedios con literales idénticos, son estadísticamente iguales según Tukey (P<0.05).

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se puede indicar que el cultivo de levaduras vivas (CLV) utilizado en la presente investigación no fue funcional por lo siguiente:

- En la DIVMS, no se presentó efectos del CL en tres de las horas de incubación ruminal (3, 12 y 72), sin embargo sí, a las 0, 16, 24 y 48 horas.
- Igual que en la DIVMS, la DIVMO, no se presentó efectos claros del CL ya que su manifestación sobre esta variable fue a las 3, 24 y 48 horas de incubación ruminal.
- La DIVMI, presente mucha variabilidad, acción que no permite concluir concretamente sobre el efecto del CL.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda utilizar diferentes cultivos de levaduras, pero previo a ellos estos deben ser sometidos a pruebas de laboratorio que permitan indicar su capacidad de desarrollo en medios con diferente potencial de hidrogeniones (pH), el mismo que puede ser un limitante de su accionar en el ambiente ruminal. Así mismo, sería adecuado evaluar su efecto, con varios pastos como fuente forrajera de la dieta.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

- Abd-El-Ghani, A. (2004). Influence of diet supplementation with yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance of Zaraibi goats. *Small Ruminant Research*, 52, 223-229.
- Alvarado, E. (2011). *Beneficios del uso de levaduras en rumiantes ¿Mitos o realidad?* Recuperado el 10 de marzo de 2015 , de Sitio Argentino de Producción Animal: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/40-levaduras.pdf
- Araya, M., & Boschini, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta Central de Costa Rica. *Agronomía mesoamericana*, 6(1), 37-43.
- Arce, C., Arbaiza, T., Carcelén, F., & Lucas, O. (2003). Estudio comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante dos métodos de laboratorio. *Revista de Investigación Veterinaria de Perú*, 7(1), 7-12.
- Basurto, R., & Tejada, I. (1992). Digestibilidad aparente de la pulpa deshidratada de limón. Comparación de métodos para estimarla. *Técnica Pecuaria en México*, 30(1), 13-22.
- Bôas, W., Franzolin, R., & Souza, N. (2007). Effect of addition of different strains of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on liquid phase outflow rate, ruminal volume and in situ degradability in buffaloes fed on the sugar cane basis. *Italian Journal of Animal Science*, 6, 536-539.

- Brandyberry, S., Cochran, R., Vanzant, E., & Harmon, D. (1991). Technical note: Effectiveness of different methods of continuous marker administration for estimating fecal output. *Journal of Animal Science*, *69*, 4611-4616.
- Cañadas, L. (1983). *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Quito: Editores Asociados.
- Church, D., & Pond, W. (1994). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. Ciudad de México, Estados Unidos Mexicanos: Limusa, S. A.
- Davis, C. L. (1993). *Alimentación de la Vaca Lechera Alta Productora*. Illinois, USA: University of Illinois.
- Déak, T., & Beuchat, L. (1996). *Handbook of food spoilage yeasts*. Boca Ratón, Florida, USA: CRC Press.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2008). *InfoStat, versión 2008*. (U. N. Córdoba, Ed.) Cordoba, Argentina: Grupo InfoStat.
- Doley, P., Casson, T., Cransberg, L., & Rowe, J. (1994). Faecal output of grazing sheep measured by total collection or using chromium sesquioxide. *Small Ruminant Research*, *13*, 231-236.
- Erasmus, L., Botha, P., & Kistner, A. (1992). Effect of yeast culture supplement on production, rumen fermentation, and duodenal nitrogen flow in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *75*, 3056-3065.
- Espinoza, F., Argenti, P., Gil, J., León, L., & Perdomo, E. (2001). Evaluation del Pasto King grass (*Pennisetum purpureum* cv. King grass) en asociación con leguminosas forrajeras. *Zootecnia Tropical*, *19*(1), 59-71.

- Evans, E., Patterson, R. J., & Clark, N. (2012). Effects of a supplemental enhanced yeast product on digestion and milk production in dairy cows. *The Professional Animal Scientist*, 28, 682-688.
- Fokkink, W. B., Hill, T. M., Aldrich, J. M., Bateman, H. G., & Schlotterbeck, R. L. (2009). Effect of Yeast Culture, Fatty Acids, Whey, and a Peptide Source on Dairy Calf Performance. *The Professional Animal Scientist*, 25, 794-800.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66, 365-387.
- Galloway, D. L., Goetsch, A. L., Sun, W., & Forester, L. A. (1991). Effect of addition of sodium bicarbonate salt, *Aspergillus oryzae* culture extract, niacin, lysine or phenylalanine to ground corn-based supplements on feed intake and digestion by Holstein steers consuming Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) hay. *Animal Feed Science and Technology*, 32, 261-273.
- Gattass, C., Morais, M., Abreu de, U., Franco, G., Stein, J., & Lempp, B. (2008). Efeito da suplementação com cultura de levedura na fermentação ruminal de bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(4), 711-716.
- Gomes, R., Antunes, M., Nogueira, J., Ítavo, C., & Leme, P. (2010). Leveduras vivas e monensina em dietas de alto concentrado para bovinos: Parâmetros ruminais e degradabilidade "in situ". *Revista Brasileira da Saúde e Produção Animal*, 11(1), 202-216.
- Guedes, , C. M., Goncalves, D., Rodríguez, A., & Silva da, A. (2008). Effects of yeast *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and fiber degradation of maize silage in cows. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 27.

- Herrera, R. (2005). Evaluación de gramíneas, Contribución del Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39(3), 253-259.
- Herrera, R., & Ramos, N. (1990). *Evaluación agronómica. In: Herrera, R. (Ed). King grass. Plantación, establecimiento y manejo en Cuba.* Cuba: EDICA.
- Hinman, D., Sorensen, S. J., & Momont, P. A. (1998). Effect of Yeast Culture on Steer Performance, Apparent Diet Digestibility, and Carcass Measurements When Used in a Barley and Potato Finishing Diet. *TYehaes tP Croufletusrsei oinn aBla Arlneyim anadl SPcoiteantot iFsti*, 14, 173-177.
- Holtshausen, L., & Beauchemin, K. A. (2010). Supplementing Barley-Based Dairy Cow Diets with *Saccharomyces cerevisiae*. 26, 285-289.
- Huhtanen, P., Kaustell, K., & Joakkola, S. (1994). The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. *Animal Feed Science and Technology*, 48, 211-227.
- Lachmann, M., & Araujo, O. (1999). *La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes.* Universidad de Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracaibo. Obtenido de <http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/Digestibilidadderumiantes.pdf>
- Lascano, C., Borel, R., Quiroz, R., Zorrilla, J., Chaves, C., & Wernli, C. (1990). Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad in vivo. En M. Ruiz, & A. Ruiz, *Nutrición de Rumiantes: Guía metodológica de investigación.* (págs. 159 - 168). San José, Costa Rica: IICA-ALPA-RISPAL.
- McDougall, E. (1948). Studies on ruminant saliva. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical Journal*, 70, 99-109.

- Mcleod, K. R., Karry, K. J., Dawson, K. A., & Mitchell, G. E. (1991). Influence of yeast culture and monensin on ruminal metabolic end products and feedlot performance. En T. P. Lyons, *Biotechnology in the feed Industry*. Nicholasville, Kentucky, USA: Alltech's Technical Publications.
- Meléndez, J., Ibarra, G., & Iglesias, O. (2000). Iglesias. *Producción Animal*, 12(1), 17-22.
- Merchen, N. (1993). *Digestión, absorción y excreción en los rumiantes* (Vol. 1). Zaragoza, España: Acribia.
- O'Connor, M. H., Martin, S. A., & Hill, G. M. (2002). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on In Vitro Mixed Ruminal Microorganism Fermentation. *The Professional Animal Scientist*, 18, 358-362.
- Ondarza, M. B., Sniffen, C. J., Dussert, L., Chevaux, E., Sullivan, J., & Walker, N. (2010). Multiple-Study Analysis of the Effect of Live Yeast on Milk Yield, Milk Component Content and Yield, and Feed Efficiency. *The Professional Animal Scientist*, 26, 661-666.
- Ondarza, M. B., Sniffen, C. J., Graham, H., & Wilcock, P. (2010). Effect of Supplemental Live Yeast on Yield of Milk and Milk Components in High-Producing Multiparous Holstein Cows. *The Professional Animal Scientist*, 26, 443-449.
- Owens, F., & Hanson, C. (1992). Symposium: External and internal markers. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 75, 2605-2617.
- Plata, P., Mendoza, G., Barcena, R., & Gonzalez, S. (1994). Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on neutral detergent fiber digestion in steer fed oat straw based diets. *Animal Feed Science and Technology*, 49, 203-210.

- Ponce, C. H., Schutz, J. S., Elrod, C. C., Anele, U. Y., & Galyean, M. L. (2012). Effects of dietary supplementation of a yeast product on performance and morbidity of newly received beef heifers. *The Professional Animal Scientist*, 28, 618-622.
- Pulido, R., & Leaver, J. (2000). Degradabilidad ruminal del forraje disponible en la pradera y del aparentemente consumido por vacas lecheras. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 35(5), 1003-1009.
- Rodríguez, N., Oliveira, E., & Guimarães, R. (2007). Uso de Indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(4), 518-525.
- Shaver, R. D., & Garrett, J. E. (1997). Effect of Dietary Yeast Culture on Milk Yield, Composition, and Component Yields at Commercial Dairies. *The Professional Animal Scientist*, 13, 204-207.
- Tilley, J., & Terry, R. (1963). A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journas Brithish Grassland Society*, 28, 104-111.
- Tripathi, M. K., & Karim, S. A. (2010). Effect of individual and mixed live yeast culture feeding on growth performance, nutrient utilization and microbial crude protein synthesis in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 155, 163–171.
- Van Soest, P. (1994). *Nutritional Ecology of the ruminant*. Ithaca, USA: Cornell University Press.
- Van Soest, P., Robertson, J., & Lewis, B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Animal Science*, 74, 3583-3597.

- Vargas, C. (2005). Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo negro forrajero (*Sorghum* sp). *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 217-225.
- White, R. A., Harrison, J. H., Yoon, I., Sanchez, W. K., & Nicholson, N. (2008). Effect of Yeast Culture on Efficiency of Nutrient Utilization for Milk Production and Impact on Fiber Digestibility and Fecal Particle Size. *The Professional Animal Scientist*, 24, 114–119.
- Williams, P., Walker, A., & Macrae, J. (1990). Rumen probiosis: The effects of addition of yeast culture (viable yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, plus growth medium) on duodenal protein flow in wether sheep. *Proceedings of the nutrition society*, 49, 128-A.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia seca a las cero horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	39.90978333	4.98872292	3.23	0.0240
Error	15	23.15775000	1.54385000		
Total correcto	23	63.06753333			
R-cuadrado Coef Var Raiz MSE DIMS0 Media					
0.632810 7.351450 1.242518 16.90167					
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	38.41420000	12.80473333	8.29	0.0017
Repeticiones	5	1.49558333	0.29911667	0.19	0.9602

Anexo 2. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia seca a las tres horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	11.87038333	1.48379792	0.72	0.6687
Error	15	30.72011250	2.04800750		
Total correcto	23	42.59049583			
R-cuadrado Coef Var Raiz MSE DIMS3 Media					
0.278710 6.981050 1.431086 20.49958					
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	5.52331250	1.84110417	0.90	0.4646
Repeticiones	5	6.34707083	1.26941417	0.62	0.6870

Anexo 3. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia seca a las seis horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	37.19686667	4.64960833	3.26	0.0233
Error	15	21.41582917	1.42772194		
Total correcto	23	58.61269583			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMS6	Media
	0.634621	5.148743	1.194873	23.20708	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	26.26074583	8.75358194	6.13	0.0062
Repeticiones	5	10.93612083	2.18722417	1.53	0.2388

Anexo 4. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia seca a las doce horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	54.2945833	6.7868229	1.14	0.3912
Error	15	89.0588167	5.9372544		
Total correcto	23	143.3534000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMS12	Media
	0.378746	7.519359	2.436648	32.40500	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	38.01483333	12.67161111	2.13	0.1387
Repeticiones	5	16.27975000	3.25595000	0.55	0.7373

Anexo 5. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia seca a las veinticuatro horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	37.24530000	4.65566250	2.13	0.0979
Error	15	32.71955000	2.18130333		
Total correcto	23	69.96485000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMS24	Media
	0.532343	3.319862	1.476924	44.48750	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	23.77165000	7.92388333	3.63	0.0377
Repeticiones	5	13.47365000	2.69473000	1.24	0.3410

Anexo 6. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia seca a las cuarenta y ocho horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	110.0902167	13.7612771	3.26	0.0231
Error	15	63.2297667	4.2153178		
Total correcto	23	173.3199833			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMS48	Media
	0.635185	3.661443	2.053124	56.07417	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	96.59338333	32.19779444	7.64	0.0025
Repeticiones	5	13.49683333	2.69936667	0.64	0.6727

Anexo 7. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia seca a las setenta y dos horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	23.32685000	2.91585625	1.05	0.4458
Error	15	41.77215000	2.78481000		
Total correcto	23	65.09900000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMS72 Media	
	0.358329	2.610112	1.668775	63.93500	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	14.47010000	4.82336667	1.73	0.2033
Repeticiones	5	8.85675000	1.77135000	0.64	0.6756

Anexo 8. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las cero horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	82.8081833	10.3510229	5.39	0.0025
Error	15	28.7926125	1.9195075		
Total correcto	23	111.6007958			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIM00 Media	
	0.742004	10.37379	1.385463	13.35542	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	8.52001250	2.84000417	1.48	0.2602
Repeticiones	5	74.28817083	14.85763417	7.74	0.0009

Anexo 9. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las tres horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	131.2489500	16.4061188	7.45	0.0005
Error	15	33.0456333	2.2030422		
Total correcto	23	164.2945833			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIM03 Media	
	0.798864	8.661761	1.484265	17.13583	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	26.6862167	8.8954056	4.04	0.0273
Repeticiones	5	104.5627333	20.9125467	9.49	0.0003

Anexo 10. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las seis horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	96.7039333	12.0879917	5.42	0.0025
Error	15	33.4642667	2.2309511		
Total correcto	23	130.1682000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIM06 Media	
	0.742915	7.612828	1.493637	19.62000	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	16.49883333	5.49961111	2.47	0.1023
Repeticiones	5	80.20510000	16.04102000	7.19	0.0013

Anexo 11. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las doce horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	181.5523167	22.6940396	3.96	0.0105
Error	15	86.0310792	5.7354053		
Total correcto	23	267.5833958			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIM012 Media	
	0.678489	7.811590	2.394871	30.65792	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	43.8819458	14.6273153	2.55	0.0947
Repeticiones	5	137.6703708	27.5340742	4.80	0.0081

Anexo 12. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las veinticuatro horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	149.2085667	18.6510708	10.63	<.0001
Error	15	26.3254292	1.7550286		
Total correcto	23	175.5339958			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIM024 Media	
	0.850027	3.019631	1.324775	43.87208	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	47.7002458	15.9000819	9.06	0.0012
Repeticiones	5	101.5083208	20.3016642	11.57	0.0001

Anexo 13. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las cuarenta y ocho horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	182.0740333	22.7592542	8.27	0.0003
Error	15	41.3039667	2.7535978		
Total correcto	23	223.3780000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIM048	Media
	0.815094	2.915058	1.659397	56.92500	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	72.8358333	24.2786111	8.82	0.0013
Repeticiones	5	109.2382000	21.8476400	7.93	0.0008

Anexo 14. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la degradabilidad de la materia orgánica a las setenta y dos horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	96.9424500	12.1178062	5.10	0.0033
Error	15	35.6568458	2.3771231		
Total correcto	23	132.5992958			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIM072	Media
	0.731093	2.379416	1.541792	64.79708	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	7.79197917	2.59732639	1.09	0.3826
Repeticiones	5	89.15047083	17.83009417	7.50	0.0010

Anexo 15. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las cero horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	2882.249250	360.281156	7.72	0.0004
Error	15	699.896846	46.659790		
Total correcto	23	3582.146096			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMIO Media	
	0.804615	16.58782	6.830797	41.17958	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	1780.882479	593.627493	12.72	0.0002
Repeticiones	5	1101.366771	220.273354	4.72	0.0086

Anexo 16. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las tres horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	2208.934483	276.116810	6.15	0.0013
Error	15	673.030379	44.868692		
Total correcto	23	2881.964863			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMI3 Media	
	0.766468	15.34880	6.698410	43.64125	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	981.253346	327.084449	7.29	0.0031
Repeticiones	5	1227.681138	245.536228	5.47	0.0046

Anexo 17. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las seis horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	2513.748217	314.218527	7.69	0.0004
Error	15	612.831479	40.855432		
Total correcto	23	3126.579696			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMI6 Media
0.803993	13.40204	6.391825	47.69292

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	1541.916246	513.972082	12.58	0.0002
Repeticiones	5	971.831971	194.366394	4.76	0.0084

Anexo 18. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las doce horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	3184.089167	398.011146	2.81	0.0405
Error	15	2127.136629	141.809109		
Total correcto	23	5311.225796			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMI12 Media
0.599502	27.03042	11.90836	44.05542

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	2281.837046	760.612349	5.36	0.0104
Repeticiones	5	902.252121	180.450424	1.27	0.3262

Anexo 19. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las veinticuatro horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	792.627283	99.078410	1.19	0.3673
Error	15	1249.965250	83.331017		
Total correcto	23	2042.592533			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMI24	Media
	0.388050	18.70100	9.128582	48.81333	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	325.2888000	108.4296000	1.30	0.3106
Repeticiones	5	467.3384833	93.4676967	1.12	0.3906

Anexo 20. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las cuarenta y ocho horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	2251.157433	281.394679	4.53	0.0058
Error	15	931.262229	62.084149		
Total correcto	23	3182.419662			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMI48	Media
	0.707373	15.78119	7.879350	49.92875	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	1835.007546	611.669182	9.85	0.0008
Repeticiones	5	416.149888	83.229978	1.34	0.3006

Anexo 21. Análisis de la varianza del efecto tres niveles de una levadura viva constituida por *Saccharomyces cerevisiae* sobre la biodisponibilidad de la materia inorgánica a las setenta y dos horas de incubación de una dieta para bovinos basada en forraje más concentrado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	1142.096083	142.762010	3.31	0.0220
Error	15	647.505079	43.167005		
Total correcto	23	1789.601163			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIMI72 Media	
	0.638185	11.29791	6.570160	58.15375	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	3	534.4496458	178.1498819	4.13	0.0255
Repeticiones	5	607.6464375	121.5292875	2.82	0.0548