



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO**

**ESCUELA SUPERIOR  
DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA N°1**



**“COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CAPRINOS  
SUPLEMENTADOS CON *Saccharomyces cerevisiae*,  
CON DOS FUENTES DE FORRAJE FIBROSO”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A N:**

**ZULEMA PÉREZ MATIAS**

**DAVID MENDOZA CHAMÚ**

**ASESORES:**

**DR. LUIS MIGUEL CAMACHO DÍAZ  
DR. ABDEFATTAH ZEIDAN MOHAMED SALEM  
DR. MOISÉS CIPRIANO SALAZAR  
DR. SAÚL ROJAS HERNÁNDEZ**

**CD. ALTAMIRANO, GRO., ENERO DEL 2019**

## **Dedicatoria**

A **Dios** por haber guiado cada uno de mis pasos y darme la fortaleza para lograr esta meta.

### **A mis Padres:**

Sr. Rodrigo Pérez Quirino por guiarme y aconsejarme a estudiar una Licenciatura como parte fundamental de mi vida y por todo el amor, regaños y cariño que recibí de él, y lo más importante gracias por enseñarme a ser una persona útil en el trabajo. Sra. Josefina Matías Sierra, a usted que sin escatimar esfuerzo alguno ha sacrificado gran parte de su vida para poder formarme y educarme, sé que no fue y ni ha sido fácil darles sustento a 7 hijos, gracias a sus cuidados, consejos y regaños mis hermanos y yo somos personas de bien, educados con principios y valores, no me cansaré de agradecerles todo lo que han hecho por mí, porque se de todo lo que tuvieron que privarse y sacrificarse para que yo llegara donde estoy ahora. Gracias por darme la mejor herencia que un padre le puede dar a un hijo que es el estudio, por brindarme su apoyo y confianza en todo momento, por ser mi motivación y motor de vida, a quien nunca podré pagar todos sus desvelos ni con las riquezas más grandes del mundo, por esto y mucho más ¡GRACIAS!.

Los Amo Mi Familia.

### **A mi Familia:**

A cada uno de mis tíos y hermanos por el apoyo brindado durante mi formación profesional, gracias por creer en mi Laura, Viry, July, Oly, Jesus y Rodito, gracias por apoyarme y ayudarme cuando necesite de ustedes, a Mi princesa Ailen por hacerme ver y darme cuenta que yo puedo dar más de lo que todos esperan, es gracias a ti hija que yo he logrado este objetivo, no fue fácil tanto para ti como para mi dejarte en los mejores momentos de tu vida, sé que de alguna u otra manera te hacía falta, perdón por eso, pero hemos concluido este logro que también es tuyo, gracias por alegrarme mis días y mi noches, eres mi bendición. Todos ustedes son una gran bendición de Dios, muchas gracias por ser mi constante motivación y ayudarme a concluir mi proyecto de tesis. Los Amo y Extraño mucho Mi Familia.

## **Agradecimientos**

A Dios por permitirme concluir y darme la paciencia, sabiduría y el entendimiento para terminar este trabajo.

Al Dr. Luis Miguel Camacho Díaz, por aceptarme como su tesista, por su gran apoyo, amabilidad, confianza, paciencia y buena disposición, porque nunca escatimó esfuerzo, recurso y tiempo para generar, corregir y mejorar este trabajo, mi agradecimiento sincero. Por todos esos momentos de trabajo que siempre estuvo apoyándome, por resolverme todas y cada una de las dudas que surgían durante el trayecto. Gracias por su invaluable apoyo. Se le admira y respeta.

Al Dr. Abdelfattah Zeidan Mohamed Salem por sus acertadas sugerencias para mejorar el presente trabajo.

Al Dr. Moisés Cipriano Salazar por su tiempo, disposición, apoyo y consejos he logrado resolver una parte importante de mi vida.

Al Dr. Saúl Rojas Hernández por su tiempo, apoyo y consejos, pues más que como un profesor es un gran amigo.

A todos mis profesores de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia #1, gracias por guiarme en el camino del saber, compartir y brindarme sus conocimientos, enseñanzas y experiencias.

A mis amigos: José Félix Guadalupe, Julia Paloma, Alejandro por cada uno de los momentos compartidos en la facultad.

**Con mucha sinceridad:  
Zulema Pérez Matías**

## **Dedicatoria**

### **A Dios**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante en mi formación profesional, y que estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

### **A mis Padres**

Por su gran amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido un orgullo y privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

### **A mi Familia**

A mi hermano y hermanas, por estar siempre presentes acompañándonos y por el apoyo moral que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas. Por el apoyo brindado durante mi formación profesional, gracias por creer en mí, a todos mis tíos, a mi hija Ailen en especial, por ser esa personita tan especial que forma parte importante en nuestras vidas, tu cariño, tu amor y tus grandes manifestaciones de afecto, son una gran bendición de Dios, muchas gracias por ser mi constante motivación y ayudarme a concluir mi trabajo de tesis, de la manera que se suponía que fuera.

### **A mis **compañeros** y **amigos** de Veterinaria **generación 2012-2017**:**

Gracias por brindarme su amistad y por compartir una etapa importante en nuestra formación académica.

## **Agradecimientos**

A Dios por ser mi guía y el acompañarme en el trascurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

Al Dr. Luis Miguel Camacho Díaz, por su gran apoyo, amabilidad, confianza, paciencia y buena disposición, porque nunca escatimó esfuerzo, recurso y tiempo para generar, corregir y mejorar este trabajo, mi agradecimiento sincero. Por todos esos momentos de trabajo que siempre estuvo apoyándome, por resolverme todas y cada una de las dudas que surgían durante el trayecto. Gracias por su invaluable apoyo.

Al Dr. Abdelfattah Zeidan Mohamed Salem, Dr. Moisés Cipriano Salazar y al Dr. Saúl Rojas Hernández por su tiempo y apoyo en todo momento.

A todos mis maestros de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia #1, gracias por guiarme en el camino del saber, compartir y brindarme sus conocimientos, enseñanzas y experiencias para formarme como un buen profesionalista.

A mis amigos: Guadalupe, Ever, José Félix, Alejandro por cada uno de los momentos compartidos en la facultad.

**Con franqueza y respeto:  
David Mendoza Chamú**

## Contenido

ÍNDICE DE CUADROS .....	iii
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	iv
RESUMEN .....	v
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	3
III. OBJETIVOS .....	4
3.1 Objetivo general .....	4
3.2 Objetivos específicos.....	4
IV. HIPÓTESIS .....	5
V. REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
5.1 Aditivo .....	6
5.1.1 Definición .....	6
5.1.2 Categorías de aditivos para alimentación animal .....	6
5.1.3 Probiótico .....	7
5.1.4 Prebiótico .....	8
5.2 Efectos benéficos de las levaduras en los animales.....	9
5.2.1 Uso de levaduras en rumiantes.....	10
5.2.2 Modo de acción de las levaduras .....	10
5.3 Descripción general de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	11
5.3.1 Dosis recomendadas en la alimentación animal.....	13
5.4 Sistema digestivo de los rumiantes.....	13
5.4.1 El rumen .....	13
5.5 Fermentación .....	15
5.5.1 Tipos de fermentación .....	16
5.5.2 Fermentación ruminal.....	17
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
6.1 Ubicación geográfica .....	18
6.2 Animales.....	18
6.3 Dieta .....	19
6.4 Tratamientos experimentales .....	19
6.5 Diseño experimental .....	19
6.6 Modelo estadístico.....	19

6.7 Variables productivas a evaluar .....	20
6.7.1 Consumo de materia seca (CMS) .....	20
6.7.2 Ganancia diaria de peso (GDP).....	20
6.7.3    Conversión alimenticia (CA) .....	21
6.8 Fermentación ruminal.....	21
VII.    RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
7.1 Consumo de materia seca .....	22
7.2 Ganancia diaria de peso .....	23
7.3 Conversión alimenticia .....	25
7.4 Fermentación ruminal .....	26
VIII.    CONCLUSIONES .....	28
IX.    LITERATURA CITADA.....	29

## ÍNDICE DE CUADROS

---

Contenido	Página
Cuadro 1. Composición de la dieta (% base seca) para caprinos consumiendo <i>Saccharomyces cerevisiae</i> con dos fuentes de forraje fibroso.....	17
<b>Cuadro 2.</b> Consumo de materia seca de caprinos suplementados con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , y dos fuentes de forraje fibroso. (Kg/día).....	21
<b>Cuadro 3.</b> Ganancia diaria de peso de caprinos suplementados con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , y dos fuentes de forraje fibroso. (Kg/día).....	22
<b>Cuadro 4.</b> Cuadro 4. Conversión alimenticia de caprinos suplementados con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , y dos fuentes de forraje fibroso.....	23

---

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

---

Contenido	Página
Gráfica 1. Consumo de materia seca por periodo.....	22
<b>Gráfica 2.</b> Ganancia diaria de peso por periodo.....	23
<b>Gráfica 3.</b> Conversión alimenticia por periodo.....	24

---

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta de caprinos, sobre el comportamiento productivo. Se utilizaron 32 caprinos machos Boer/Criollo, con un peso inicial promedio de  $15.40 \pm 3.0$  kg (n=8 caprinos por tratamiento), fueron distribuidos aleatoriamente a cuatro dietas experimentales: T1 dieta base con heno de alfalfa (sin levadura), T2 dieta base con heno de alfalfa + 5 g de *Saccharomyces cerevisiae*, T3 dieta base con rastrojo de maíz (sin levadura) y T4 dieta base con rastrojo de maíz + 5 g de *Saccharomyces cerevisiae*. Se realizó la determinación del Consumo de Materia Seca (CMS), Ganancia Diaria de Peso (GDP) Conversión Alimenticia (CA), pH ruminal y concentración de protozoarios ruminales, para ello se realizó un diseño completamente al azar y los resultados fueron analizados por el PROC ANOVA de SAS. No se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para CMS, GDP, CA, pH y protozoarios ruminales al evaluar el efecto del nivel de inclusión de *Saccharomyces cerevisiae*. En conclusión, los niveles de inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta no modificaron el comportamiento productivo ni las variables de fermentación ruminal de los animales.

## I. INTRODUCCIÓN

Con la nutrición animal se pretende mejorar la utilización del alimento, la salud, la producción animal y la seguridad alimentaria, para ello, en los últimos años se han implementado algunas estrategias para lograr una fermentación ruminal deseable, reducir al mínimo los trastornos ruminales y excluir a agentes patógenos. Los aditivos alimenticios tales como antibióticos, ionóforos, inhibidores de metano, agentes defaunadores, enzimas exógenas, etc., han sido utilizados para manipular el ecosistema microbiano y la cinética de fermentación (Salem *et al.* 2014). Sin embargo, el uso de estos ha tenido impactos negativos en la salud pública como la presencia de residuos químicos de aditivos en leche y carne, así como la resistencia bacteriana a antibióticos, por lo cual se han considerado algunas restricciones para su uso (Barton 2000). Es por esto que las investigaciones se han reorientado a la búsqueda de alternativas que reduzcan el impacto negativo de los aditivos alimenticios sobre la salud pública, la salud animal y el medio ambiente. Los cultivos de levadura son de los aditivos alimentarios más utilizados, mejoran la cinética de fermentación y la utilización del alimento, casi sin efectos tóxicos sobre los animales. El *Saccharomyces cerevisiae* tiene la capacidad de aumentar la tasa de degradación inicial y la digestión total de las fibras (Salem *et al.* 2014). Por otro lado, Barton (2000), reporta que la adición de levadura en la dieta tiene efectos positivos en las actividades microbianas y el ecosistema ruminal. Se ha observado que la suplementación en la dieta con *S. cerevisiae* incrementa la proporción de bacterias anaerobias totales y celulolíticas (Newbold *et al.* 1996; Jouany 1999), lo que proporciona al rumen los nutrientes importantes y cofactores nutricionales requeridos para el crecimiento y actividad microbiana (Mao *et al.* 2013). Los cultivos de levadura contienen proporciones variables de células vivas y muertas de *S. cerevisiae*; que, dependiendo del número de células vivas o metabólicamente activas, causan diferentes respuestas en la alimentación de los animales (Salem *et al.* 2014). El modo de acción de las levaduras para mejorar la fermentación y la utilización de alimentos depende de varios factores como: dosis, horarios y frecuencia de alimentación, así como la cepa de levadura.

Algunas cepas actúan dentro del rumen, mientras otras cepas tienen efecto en el tracto gastrointestinal. El modo de acción puede ser explicado basado en varios mecanismos, incluyendo un efecto amortiguador de pH, y un mejor aprovechamiento del lactato (Martin y Streeter 1995). Las levaduras pueden ayudar a mantener la anaerobiosis en rumen, porque eliminan el oxígeno de las superficies del alimento recién ingerido (Newbold *et al.* 1996). Además, las levaduras tienen la capacidad de disminuir el potencial redox en el rumen (Jouany *et al.* 1999) y proporcionan mejores condiciones para el crecimiento de bacterias celulolíticas, anaerobias estrictas y estimulan su adhesión a las partículas de forraje (Roger *et al.* 1990). Las levaduras pueden mejorar las condiciones ruminales incrementando la tasa inicial de actividad celulolítica y competir con otras bacterias amilolíticas (Lynch y Martin 2002) disminuyendo la acumulación de lactato en el rumen. Las levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* estimulan el crecimiento de otros microorganismos proporcionando metabolitos esenciales como propionato, aminoácidos y vitaminas, además utilizan ciertos metabolitos bacterianos como fuente de carbono (Newbold *et al.* 1996). Por otra parte, el aumento de la ingesta de materia seca, la producción y la composición de la leche, son otros beneficios de la alimentación con la levadura (Jouany 1999). En producción de carne, como beneficios, se ha reportado que se mejora el desempeño productivo, la producción de carne y la eficiencia alimenticia en muchos experimentos en los que se adicionó levadura a la dieta (Roger *et al.* 1990). Si bien se ha demostrado un efecto positivo en el uso de levaduras, las respuestas con *S. cerevisiae* dependen del tipo y composición del alimento, de los métodos de aplicación del aditivo, de las dosis de la levadura y de la interacción con la dieta.

## II. JUSTIFICACIÓN

Debido a que la Región “Tierra Caliente” de Guerrero es una zona productora de pequeños rumiantes sobre todo caprinos y debido al incremento en costos de producción por alimentación en animales y a la competencia que existe con la alimentación humana, principalmente con granos, es necesaria la búsqueda de alternativas alimenticias, como lo es el uso de forrajes de baja calidad, sin embargo, estos no aportan los nutrientes suficientes, por lo que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* puede ser una opción viable para mejorar la digestibilidad de los mismos y así incrementar el valor nutritivo que pueden aportar los forrajes de baja calidad a los animales. Existe poca información en la literatura que sustente el empleo de levadura en dietas basadas en este tipo de forrajes, pues la mayoría de la información se ha obtenido de trabajos realizados en monogástricos y en rumiantes cuyas dietas se basan en el empleo de alimentos concentrados.

### III. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo general

Determinar el comportamiento productivo y la fermentación ruminal de caprinos estabulados alimentados con dos fuentes de forraje fibroso más concentrado adicionado con *Saccharomyces cerevisiae*.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Estimar el consumo de materia seca, la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia en caprinos suplementados con dos fuentes de forraje fibroso, más concentrado adicionado con *Saccharomyces cerevisiae*.
- Evaluar el pH ruminal y la concentración de protozoarios ruminales en caprinos suplementados con dos fuentes de forraje fibroso, más concentrado adicionado con *Saccharomyces cerevisiae*.

#### **IV. HIPÓTESIS**

La inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* mejorará el comportamiento productivo y la fermentación ruminal de caprinos alimentados con forrajes fibrosos más concentrado.

## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1 Aditivo

#### 5.1.1 Definición

El concepto de aditivo se refiere a cualquier sustancia que, independientemente de su valor nutricional, se añade intencionadamente a un alimento con fines tecnológicos en cantidades controladas (Ibáñez *et al.*, 2003).

#### 5.1.2 Categorías de aditivos para alimentación animal

El Reglamento (CE) N° 1831/2003 clasifica a los aditivos para alimentación animal en las siguientes cinco categorías: (Carro *et al.*, 2006).

- **Aditivos tecnológicos:** se definen como cualquier sustancia añadida a los piensos con fines tecnológicos y que incluyen a los conservantes, antioxidantes, emulgentes, estabilizantes, espesantes, gelificantes, ligantes, antiaglomerantes, reguladores de la acidez, aditivos para ensilaje y desnaturalizantes.
- **Aditivos organolépticos:** se definen como cualquier sustancia que, añadida a los piensos, mejora o modifica las propiedades organolépticas de estos o las características visuales de los alimentos de origen animal y que incluyen a los colorantes y aromatizantes.
- **Aditivos nutricionales:** incluyen a las vitaminas, provitaminas y sustancias químicamente definidas de efecto análogo, oligoelementos o compuestos de oligoelementos, aminoácidos, sus sales y análogos, y a la urea y sus derivados.
- **Aditivos zootécnicos:** se definen como cualquier aditivo utilizado para influir positivamente en la productividad de los animales sanos o en el medio ambiente y que incluyen a diversos grupos funcionales, como los digestivos, los estabilizadores de la flora intestinal, las sustancias que influyen positivamente en el medio ambiente y a otros aditivos zootécnicos. Los aditivos zootécnicos son uno de los grupos que suscita mayor interés, ya que su utilización puede mejorar el rendimiento productivo de los animales y disminuir los costos de producción. Estos grupos de aditivos son

los probióticos, los prebióticos, los ácidos orgánicos, los preparados enzimáticos y los extractos vegetales.

### 5. 1.3 Probiótico

Los probióticos y prebióticos pueden ser considerados como “estabilizadores de la flora intestinal”, definidos por el Reglamento (CE) N° 1831/2003 como *“microorganismos u otras sustancias definidas químicamente que, suministradas a los animales, tienen un efecto positivo para la flora intestinal”*.

Los probióticos, también denominados aditivos microbianos, hacen referencia a un preparado o a un producto que contiene cepas de microorganismos viables en cantidad suficiente como para alterar la microflora en algún compartimento del huésped (por implantación o colonización) y que produce efectos beneficiosos en dicho huésped. La definición incluye bien productos que contienen microorganismos (por ejemplo, leches fermentadas) o un preparado de microorganismos como son comprimidos o polvos (Oliveira, 2007).

Castro y Rodríguez (2005) definen a los probióticos como microorganismos vivos que, al agregarse como suplemento en la dieta, favorecen la digestión y ayudan al mantenimiento del equilibrio de la flora microbiana en el intestino.

García *et al.*, (2012) nos ofrecen un concepto más amplio, definiendo a los probióticos como organismos microbianos, vivos o muertos (amistosos o beneficiosos) o como productos de la fermentación microbiana, nucleótidos y sus productos metabolizables, metabolitos de las proteínas y sustancias derivadas, ácidos orgánicos, además de enzimas de tipo hidrolíticas que influyen beneficiosamente al hospedero.

García *et al.*, (2005) mencionan que entre los microorganismos más utilizados para estos fines se encuentran las bacterias ácido lácticas, especialmente *Lactobacillus* sp y *Bifidobacterium* sp, y las levaduras, fundamentalmente las del género *Saccharomyces*.

Estos productos al ser suministrados directamente a los animales mejoran su metabolismo, salud y producción. Entre los probióticos se cuenta con las

levaduras que inducen efectos positivos en términos de desempeño productivo en especies monogástricas, pero no pueden colonizar el tracto digestivo. Por otra parte, las enzimas, minerales, vitaminas y otros nutrientes o factores de crecimiento que producen las levaduras inducen respuestas benéficas en la producción animal. Por todo esto los probióticos, ofrecen la posibilidad de mantener el crecimiento de animales alimentados con dietas sin antibióticos y bajo condiciones de estrés (Castro y Rodríguez, 2005).

#### **5.1.4 Prebiótico**

El término prebiótico se refiere a los ingredientes de los alimentos no digeribles que producen efectos beneficiosos sobre el huésped estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de un tipo o de un número limitado de bacterias en el colon (Oliveira, 2007).

El término “prebiótico” incluye una serie de compuestos indigestibles por el animal, que mejoran su estado sanitario mediante la estimulación del crecimiento y/o de la actividad de determinados microorganismos beneficiosos del tracto digestivo, y que además pueden impedir la adhesión de microorganismos patógenos. Las sustancias prebióticas más utilizadas son los oligosacáridos, que alcanzan el tracto posterior sin ser digeridos y allí son fermentados por las bacterias intestinales (Pereira *et al.*, 2016).

Generalmente, los probióticos disminuyen los niveles de colesterol sérico, al inhibir su síntesis y reducir las lipoproteínas de baja densidad, también actúan en la excreción de colesterol y de sales biliares en el intestino, así pueden obtenerse animales menos nocivos a la salud (García *et al.*, 2005).

Según Castro y Rodríguez (2005) los prebióticos deben cumplir tres condiciones para que tengan una acción efectiva:

1. Deben permanecer estables bajo las condiciones ácidas del estómago y las secreciones del intestino delgado.
2. Deben transferirse intactos al colon.
3. Deben tener un metabolismo selectivo.

## **5.2 Efectos benéficos de las levaduras en los animales**

De acuerdo con Castro y Rodríguez (2005), Las levaduras se han empleado por años como fuente de proteína de calidad en la alimentación animal. Su elevado contenido en vitaminas, enzimas y otros cofactores las hacen atractivas en animales rumiantes y monogástricos. Por décadas las levaduras se han utilizado como agentes preventivos y terapéuticos para la diarrea y otros problemas gastrointestinales en humanos. Las levaduras son incorporadas a las dietas para mejorar la salud y el desempeño de los animales mejorando sus características zootécnicas.

El empleo de levaduras beneficia al hospedero en varios aspectos:

- ❖ Pueden actuar como probióticos o prebióticos.
- ❖ Producción de minerales (por selección de cepas ricas en Se y Cr o por enriquecimiento del medio de cultivo con estos minerales), de vitaminas (hidrosolubles del complejo B) y de enzimas (fitasas).
- ❖ Promueven el crecimiento.
- ❖ Mejoran la eficiencia alimenticia.
- ❖ Mejoran la absorción de nutrientes mediante el control de la diferenciación y proliferación de las células epiteliales del intestino.
- ❖ Eliminan y controlan microorganismos intestinales que producen enfermedades subclínicas o clínicas.
- ❖ Estimulan la inmunidad no específica y específica en el intestino.
- ❖ Reducen el olor de las excretas (Castro y Rodríguez, 2005).

De acuerdo con Suarez y Guevara (2017) el uso de levaduras vivas, en rumiantes, está asociada a mejoras en la expresión productiva:

- ❖ Estabiliza el pH en el rumen, logrando eficiencia en el proceso digestivo.
- ❖ Aumenta el consumo de materia seca y la degradación de la fibra, que permite al animal consumir más alimento.

- ❖ Aumenta la producción de energía y proteína microbiana en el rumen.
- ❖ Mejora la ganancia diaria de peso vivo y la condición corporal.
- ❖ Aumenta la producción láctea y reduce el conteo de células somáticas en la leche, mejorando su calidad.
- ❖ Estimula la respuesta inmune no específica de los animales.

### **5.2.1 Uso de levaduras en rumiantes**

Doleza *et al.* (2011), aseveraron que la levadura *S. cerevisiae* es usada como suplemento alimenticio de rumiantes, favoreciendo la anaerobiosis y estimulando el crecimiento de bacterias celulolíticas, por reducir la concentración de amonio e incrementar la síntesis de proteína microbiana.

El uso de levadura viva estimula de forma selectiva el crecimiento de las poblaciones de bacterias consumidoras de lactato (*Megasphaera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*), que reducen la presencia de ácido láctico, evitando así caídas muy pronunciadas del pH ruminal (Marrero, 2005).

Diversos estudios, aseguran que la presencia de levadura viva en el sistema digestivo de los animales provoca un fenómeno llamado exclusión competitiva (Elias y Herrera, 2009), en el cual ciertas bacterias patógenas se adhieren a la superficie de las levaduras y estas eliminan a esos microorganismos (Suárez-Machín y Guevara-Rodríguez, 2017).

### **5.2.2 Modo de acción de las levaduras**

El mecanismo de acción de la levadura para uso animal tiene tres grandes principios:

1. La actividad respiratoria de la levadura (cuando se usan organismos vivos) consume el oxígeno presente en el rumen y reduce el efecto negativo que este tiene sobre la población de microorganismos estrictamente anaerobios. Además, el uso de levadura viva estimula de forma selectiva el crecimiento de las poblaciones de bacterias consumidoras de lactato (*Megasphaera*

*elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*) lo que reduce la presencia de ácido láctico, evitando así las caídas muy pronunciadas de pH ruminal y por ende disminuye la incidencia de acidosis y otros problemas digestivos, las cojeras y los altos conteos de células somáticas asociadas a esta causa.

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. Este mecanismo ocurre gracias a un componente que se encuentra en la pared externa de la levadura que se llama betaglucano, el cual estimula el sistema de defensa natural del organismo, esto a su vez permite que cuando ocurra un ataque real el animal responda rápidamente y de manera más eficiente. Esto en la práctica representa una reducción en la mortalidad, recuperación de los animales enfermos más fácilmente y en menor tiempo y una mejoría notable en la salud general del hato, lo que significa aumentar la rentabilidad de la empresa (Alvarado, 2011).

Las levaduras, al contrario de otros microorganismos con potencial probiótico, tienen una limitada capacidad para colonizar el tracto gastrointestinal del animal que las recibe.

### **5.3 Descripción general de *Saccharomyces cerevisiae***

Levadura es un nombre genérico que agrupa a una variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, así como especies no solamente inocuas sino de gran utilidad. Las levaduras han sido utilizadas, desde la antigüedad, en la elaboración de cervezas, pan y vino, pero los fundamentos científicos de su cultivo y uso en grandes cantidades fueron descubiertos por el microbiólogo francés Louis Pasteur en el siglo XIX. Se conocen cepas diferentes y específicas para cada labor (panificación, destilería,

producción de extractos de levadura y uso en animales). Las levaduras son organismos eucariotas con gran diversidad respecto a su tamaño, forma y color. Son consideradas hongos unicelulares y generalmente sus células son ovaladas, pero también pueden encontrarse en forma esférica, cilíndrica o elíptica. Son mayores que las bacterias, alcanzando un diámetro máximo de entre cuatro y cinco  $\mu\text{m}$ . Se reproducen por fisión binaria o gemación y algunas pueden ser dimórficas o bifásicas y crecen como micelio bajo condiciones ambientales especiales. Son resistentes a antibióticos, sulfamidas y otros agentes antibacterianos de forma natural. Se conoce la secuencia completa de su genoma y se mantiene en constante revisión, lo que ha permitido la manipulación genética de los casi 6600 genes que codifican el genoma de levadura. Los constituyentes macromoleculares de las levaduras incluyen proteínas, glicoproteínas, polisacáridos, polifosfatos, lípidos y ácidos nucleicos. Su pared celular comprende entre 15 y 25 % de la masa seca de la célula y sus principales componentes son polisacáridos (80-90 %), esencialmente glucanos y mananos, con una menor contribución de quitina, además de proteínas y lípidos. El contenido de proteínas en las levaduras varía entre el 40 y el 50 % de su peso seco y tienen una excelente calidad en función de su perfil de aminoácidos esenciales. La mayoría de las levaduras toleran un rango de pH entre 3 y 10, pero les resulta favorable un medio ligeramente ácido con un pH entre 4,5 a 6,5. Son capaces de competir con la bacteria *Streptococcus bovis*, el principal productor de ácido láctico en el rumen, por azúcares solubles. Las levaduras más estudiadas en el mundo son cepas provenientes de las especies: *Saccharomyces cerevisiae* (levadura panadera comercial), *Kluyveromyces fragilis* y *Candida utilis*. Estas especies son consideradas como aptas para el consumo humano o GRAS (por las siglas en inglés de Generally Recognized As Safe). La *Saccharomyces cerevisiae*, es una levadura heterótrofa, que obtiene la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa, se plantea que es un producto del proceso de producción de alcohol que a su vez constituye una valiosa fuente de proteínas y vitaminas para la alimentación animal. Esta levadura es una de las especies

considerada como microorganismo GRAS, por lo que ha sido aprobada para su uso como aditivo alimentario (Suarez *et al.*, 2016).

### **5.3.1 Dosis recomendadas en la alimentación animal**

La crema de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, se ha empleado en la alimentación animal en distintas proporciones como parte de la dieta, 10 % en bovinos, 5 % en ovinos y en las aves entre 3 y 4 %. La levadura viva *S. cerevisiae* se recomienda para la alimentación animal en dosis de 1 g por cada 100 kg de peso (Suárez-Machín y Guevara-Rodríguez, 2017)

## **5.4 Sistema digestivo de los rumiantes**

El sistema digestivo de los rumiantes está formado por cuatro compartimentos: rumen, retículo, omaso y abomaso. El rumen, retículo y omaso son órganos que anteceden al abomaso (estómago glandular o estómago verdadero), por lo que son denominados pre-estómagos. En estos compartimentos no hay glándulas ni se segrega mucus y la digestión ocurre gracias a las enzimas microbianas, ocurriendo la verdadera digestión en el abomaso que es el estómago glandular propiamente dicho.

### **5.4.1 El rumen**

El rumen es el compartimento más voluminoso, representando aproximadamente el 75 % de los cuatro estómagos. Según Díaz *et al.* (2007), el rumen se desarrolla anatómicamente a partir de la porción no secretora del estómago. El aparato digestivo de los rumiantes al nacer funciona muy parecido al de animales monogástricos, debido a que el rumen tiene un crecimiento muy rudimentario y alcanza su posterior desarrollo con la implantación de la masa microbiana y la capacidad de absorción de nutrientes, siendo importante el tiempo que transcurre entre el desarrollo morfofisiológico digestivo y los procesos digestivos de fermentación ruminal.

#### **5.4.1.1 Microorganismos del rumen**

El rumen se encuentra densamente poblado por una gran variedad de bacterias, hongos y protozoos (Delgado, 2006), que son responsables de los procesos digestivos que tienen lugar en el órgano. La estrategia a seguir al alimentar a los rumiantes, debe tener en cuenta la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal, ya que el rumiante aporta alimentos y las condiciones medioambientales adecuadas (temperatura, acidez, anaerobiosis, ambiente reductor, etc.) y las bacterias por su parte utilizan parcialmente los alimentos haciendo útiles los forrajes de otra forma indigestibles para los mamíferos) y aportando productos de la fermentación con valor nutritivo para el rumiante (ácidos grasos volátiles, AGV) y sus propios cuerpos microbianos.

#### **5.4.1.2 La rumia**

La vida de los rumiantes gira en torno del rumen y de la rumia, ya que es imprescindible para la digestión de grandes cantidades de alimentos ricos en fibra. Este fenómeno es indicativo de la salud del animal. Todo trastorno permanente de la rumia ha de considerarse como síntoma grave y su reaparición es señal de buen pronóstico. Inicia a la hora u hora y media después de la comida. Antes de la reyección se produce una inspiración profunda, que se interrumpe de pronto por un débil golpe de los ijares, entonces el bolo sube por el esófago e inmediatamente después se inicia la masticación. Después de la deglución del bolo rumiado se intercala una corta pausa, tras la cual se repite el fenómeno, dependiendo del tipo de alimento, hay entre 4 y 24 períodos de 10 min (Suárez-Machín y Guevara-Rodríguez, 2017)

#### **5.4.1.3 Digestión ruminal**

La digestión microbiana que tiene lugar en el rumen es la piedra angular de la fisiología digestiva del rumiante. El hecho más sobresaliente de la digestión en los rumiantes es su capacidad para utilizar todas las formas de celulosa. Ningún mamífero segrega celulasa, que es la enzima que degrada la celulosa, pero las bacterias y los hongos celulíticos, que conviven simbióticamente en el rumen, producen un complejo enzimático  $\beta$ -1-4 glucosidasa, capaz de solubilizar entre 70

y 90 % de la celulosa. Los productos universales de la fermentación microbiana ruminal son los ácidos grasos volátiles (AGV), principalmente los ácidos: acético, propiónico y butírico, que constituyen más del 90 % de los ácidos que se producen en el rumen (Castillo *et al.*, 2013). En general los azúcares y los carbohidratos solubles se degradan rápidamente, mientras que los polisacáridos estructurales son atacados con rapidez variable. Los materiales de más difícil degradación son la celulosa y la hemicelulosa, que por su asociación con la lignina los hace menos asequibles a la acción microbiana. Según Sodi *et al.* (2004), la fermentación es el último paso en la digestión de los carbohidratos, también esencial para la producción de AGV para el metabolismo energético de los animales y provee de adenosin trifosfato (ATP) a los microorganismos.

### **5.5 Fermentación**

Las fermentaciones son procesos metabólicos de las levaduras y de varias bacterias que transforman compuestos químicos orgánicos, principalmente azúcares, en otras sustancias orgánicas más simples como etanol, ácido láctico y ácido butírico (Puerta, 2010).

La palabra fermentación ha sufrido evoluciones en sí misma. El término fue empleado para describir la condición de burbujeo o ebullición vista en la producción de vino, antes de que las levaduras fueran descubiertas. Por lo que la fermentación es:

- a) Proceso metabólico llevado a cabo por microorganismos, bacterias y levaduras bajo condiciones aeróbicas y anaerobias obteniendo energía y teniendo características físico-químicas controladas.
- b) Es un proceso en el que se potencia deliberadamente el crecimiento de los microorganismos que consumen una cantidad de sustrato y enriquecen, por medio del cultivo los productos de su metabolismo.
- c) El proceso de fermentación produce por acción de las enzimas cambios químicos en las sustancias orgánicas.

La fermentación es un proceso catabólico de oxidación incompleta, totalmente anaeróbico, siendo el producto final un compuesto orgánico. Estos productos finales son los que caracterizan los diversos tipos de fermentación (Bailón, 2012).

### **5.5.1 Tipos de fermentación**

a) Fermentación alcohólica: Las levaduras son los convertidores de aldehydos a alcoholes más eficientes. La levadura *Saccharomyces ellipsoideus*, es de gran importancia industrial en las fermentaciones alcohólicas. La reacción de azúcar a alcohol tiene muchos pasos.

b) Fermentación acética: Resulta de la oxidación del alcohol por la bacteria del vinagre en presencia del oxígeno del aire: Esta bacteria, a diferencia de las levaduras productoras de alcohol, requiere un suministro generoso de oxígeno para su crecimiento y actividad.

c) Fermentación láctica: Son de gran importancia en la conservación de alimentos. El azúcar en el producto alimenticio puede ser convertido a ácido láctico y otros productos finales. La fermentación de ácido láctico es eficiente y la fermentación de los organismos es de crecimiento rápido. Las inoculaciones naturales son tales, que en un medio adecuado la bacteria del ácido dominará, por ejemplo la acidificación de la leche.

d) Fermentación cítrica: La fermentación más común es aquella en que ocurre una oxidación parcial del azúcar. En este caso el azúcar puede ser convertido en ácido. Finalmente, el ácido puede ser oxidado para dar bióxido de carbono y agua, si se permite que ocurra. Por ejemplo, algunos mohos son usados en la producción de ácido cítrico de soluciones de azúcar.

e) Fermentación butírica: Son menos útiles en la conservación de alimentos. Los organismos son anaeróbicos e imparten sabores y olores indeseables a los alimentos. Los organismos anaeróbicos capaces de infectar al hombre causándole enfermedades son comúnmente fermentadores butíricos (Bailón, 2012).

### **5.5.2 Fermentación ruminal**

El rumen es una cámara de fermentación anaerobia. La población microbiana se mantiene al ingerir y masticar alimentos con regularidad, añadiendo tampones y eliminando los ácidos producidos, arrastrando los residuos alimenticios no digeribles y los productos microbianos, y manteniendo unas condiciones apropiadas de pH, temperatura y humedad para el crecimiento microbiano. Estos microorganismos dependen del rumiante para disponer de las condiciones óptimas para su crecimiento, y el rumiante depende de los productos de fermentación anaeróbica del alimento fibroso que ingiere y de la actividad biosintética microbiana, para cubrir sus necesidades nutritivas. El metabolismo del rumiante está enfocado a aprovechar los productos de la fermentación microbiana como los ácidos grasos volátiles (AGV), sin embargo, no todos los productos de la fermentación microbiana son útiles para el rumiante, también los hay inútiles como el metano, o incluso nocivos como el amoníaco y nitratos (Rotger, 2004).

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Ubicación geográfica

El trabajo se realizó en la unidad de producción ovina de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia # 1 de la UAGro, localizada en Cd. Altamirano, Gro. En la región Tierra Caliente del Estado, cuyo clima es considerado como cálido sub húmedo ( $Aw_0$ ) con lluvias en verano, y presenta una altitud de 250 msnm, con temperaturas que oscilan entre los 43.2 °C máximas y los 28 °C mínimas, ubicándose a una latitud norte de 18° 24' y una longitud oeste de 100° 32', teniendo una precipitación pluvial de 1,100 mm.

### 6.2 Animales

Para realizar el experimento se utilizaron 32 caprinos Bóer/Criollo machos enteros con un peso vivo promedio  $15.40 \pm 3.0$  kg. Al inicio del trabajo se desparasitaron y vitaminaron los animales, se identificaron y fueron alojados en corrales de aproximadamente 1.20 m x 1.00 m, a cada uno se les colocó un comedero y bebedero. Antes de iniciar el experimento se sometieron a un periodo de adaptación de 8 días.

Cuadro 1. Composición de la dieta (% base seca) para caprinos consumiendo *Saccharomyces cerevisiae* con dos fuentes de forraje fibroso.

Ingredientes	T1	T2	% de inclusión	
			T3	T4
Rastrojo de maíz	0.00	0.00	32.00	32.00
Heno de avena	32.00	31.50	0.00	0.00
Maíz molido	42.61	42.57	46.26	45.42
Pasta de soya	13.88	13.37	12.19	11.80
Melaza	6.00	6.00	6.00	6.00
Aceite de girasol	3.01	3.34	1.32	1.84
Carbonato de Ca	1.44	1.45	1.18	1.18
Urea	1.00	1.00	1.00	1.00
Mezcla de minerales	0.06	0.06	0.05	0.05
Levadura <i>S. cerevisiae</i>	0.00	0.71	0.00	0.71
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

### **6.3 Dieta**

La dieta (cuadro 1) se formuló con el programa computacional Used Feed Formulation Done Again, UFFDA (Pesti y Miller, 1995), para caprinos machos enteros, de un peso promedio inicial de  $15.0 \pm 3.0$  kg con una ganancia diaria de peso (GDP) esperada de 200 g, de acuerdo con los requerimientos nutritivos del NRC (2007).

### **6.4 Tratamientos experimentales**

Los tratamientos (T) del presente experimento fueron los siguientes: T1 (Heno de avena más concentrado, sin levadura), T2 (Heno de avena más concentrado con 5 g de levadura), T3 (Rastrojo de maíz más concentrado, sin levadura) y T4 (Rastrojo de maíz más concentrado con 5 g de levadura). El alimento rechazado se recolectó y pesó para determinar el alimento consumido. Los animales fueron pesados cada 15 días.

### **6.5 Diseño experimental**

Se realizó un diseño completamente al azar, utilizando ocho repeticiones por tratamiento, con el sig.:

### **6.6 Modelo estadístico**

Modelo estadístico:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \xi_{ij}$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta del tratamiento i, repetición j.

$\mu$  = Media general.

$T_i$  = Efecto del tratamiento i.

$\xi_{ij}$  = Error aleatorio.

Se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS versión (9.0) y en caso de diferencia estadística significativa  $p \leq 0.05$ , las medias de tratamientos se compararían mediante la prueba de Tukey

## 6.7 Variables productivas a evaluar

Se evaluaron las variables: Consumo de materia seca (CMS), Ganancia Diaria de Peso (GDP), Conversión Alimenticia (CA).

### 6.7.1 Consumo de materia seca (CMS)

El promedio del consumo de materia seca por día y por animal, se evaluó registrando diariamente, la cantidad de alimento ofrecido y residual (en materia seca) con estos valores se estimó el consumo en gramos. El consumo voluntario se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{CMS} = \text{AO} - \text{AR}$$

CMS= Consumo de materia seca

AO= Alimento ofrecido (en base seca)

AR= Alimento rechazado (en base seca)

Se pesó diariamente el alimento durante toda la fase experimental; se registró la cantidad de alimento ofrecido y el rechazo al siguiente día.

### 6.7.2 Ganancia diaria de peso (GDP)

Los caprinos se pesaron al inicio del experimento y posteriormente se pesaron cada 36 días, teniendo un ayuno de 12 horas. La GDP se obtuvo por la diferencia entre el peso final menos el peso inicial dividido entre los días que duró el periodo.

$$\text{GDP} = \frac{\text{PF} - \text{PI}}{\text{ND}}$$

Dónde:

GDP= Ganancia diaria de peso

PF= Peso final al término del periodo

PI= Peso inicial del periodo de evaluación

ND= Número de días

### 6.7.3 Conversión alimenticia (CA)

La conversión alimenticia se estimó retomando los valores de las variables de consumo de materia seca total (CMST) y la ganancia de peso total (GPT) de los animales en cada grupo experimental estos valores se sustituyeron en la siguiente fórmula:

$$CA: \frac{CMST}{GPT}$$

Dónde:

CA= conversión alimenticia

CMST= consumo de materia seca total de animal

GPT = ganancia de peso total por animal

### 6.8 Fermentación ruminal.

El pH ruminal se midió al final del experimento y después de cuatro horas de haber proporcionado la dieta con un potenciómetro (marca Orión 710 A) calibrado a dos valores de pH (4.0 y 7.0), el número de protozoarios por mL se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Ogimoto e Imai (1981).

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 Consumo de materia seca

En el Cuadro 2 se muestra que el consumo de materia seca promedio durante todo el periodo experimental numéricamente tendió a ser mayor en los caprinos que recibieron la dieta T3 adicionando *S. cerevisiae* con 0.700 kg, y la dieta del grupo T4 con 0.680 kg seguidos por los caprinos de los tratamientos, T1 y T2 con un consumo de materia seca de 0.665 y 0.648 kg, respectivamente.

Gloria *et al.* (2014), evaluaron 30 corderos con: 0, 3 y 5 g de *S cerevisiae* animal<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. La adición de 3 g animal<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de *S cerevisiae* disminuyó ( $p < 0.05$ ) parcialmente el consumo de MS y conversión alimenticia en los periodos evaluados, sin afectar ( $P > 0.05$ ) la ganancia diaria de peso.

Cuadro 2. Consumo de materia seca de caprinos suplementados con *Saccharomyces cerevisiae* y dos fuentes de forraje fibroso. (Kg/día)

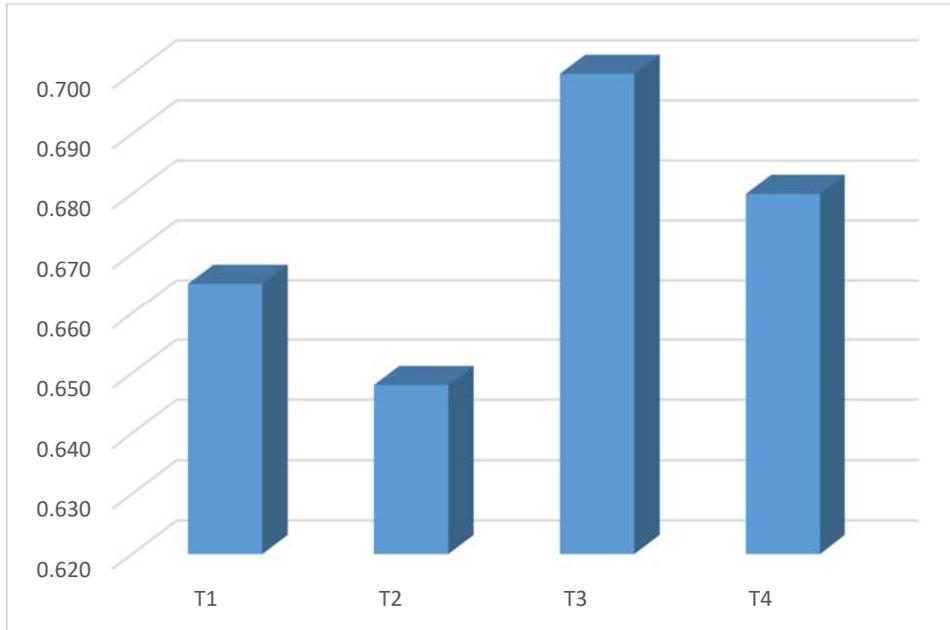
Variable	T1	T2	T3	T4	EEM
CMS	0.665	0.648	0.700	0.680	0.010

No hubo diferencia estadística

T1 (Rastrojo de maíz sin levadura), T2 (Rastrojo de maíz más 5 g de *S cerevisiae*), T3 (Heno de avena sin levadura) y T4 (Heno de avena más 5 g de *S cerevisiae*).

CMS= Consumo de Materia Seca; EEM= Error estándar de la media

**Grafica 1.** Consumo de materia seca de caprinos suplementados con *Saccharomyces cerevisiae* y dos fuentes de forraje fibroso.



En la gráfica 1, se muestra el consumo por periodo durante todo el estudio, donde numéricamente se observa más elevado el consumo de alimento por los animales en T3 y T4 siendo estos los más representativos, seguidos por T1 y T2 sin que estadísticamente sean diferentes.

Varios estudios sobre la suplementación con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) han mostrado resultados variables sobre el comportamiento productivo de los rumiantes. En nuestro estudio, el consumo de alimento y por consiguiente de nutrientes no se vio afectado por la suplementación con levadura, que es consistente con estudios anteriores realizados en corderos (Issakowicz *et al.*, 2013) y en caprinos de engorda (Whitley *et al.*, 2009).

Este fenómeno podría ocurrir por la limitada interacción de la levadura con los microorganismos ruminales, necesaria para mejorar la fermentación ruminal y aumentar la ingesta y la digestibilidad de los nutrientes (Obeidat, 2017).

## 7.2 Ganancia diaria de peso

No se encontró diferencia significativa entre las ganancias de peso.

Cuadro 3. Ganancia diaria de peso de caprinos suplementados con *Saccharomyces cerevisiae*, y dos fuentes de forraje fibroso. (Kg/día)

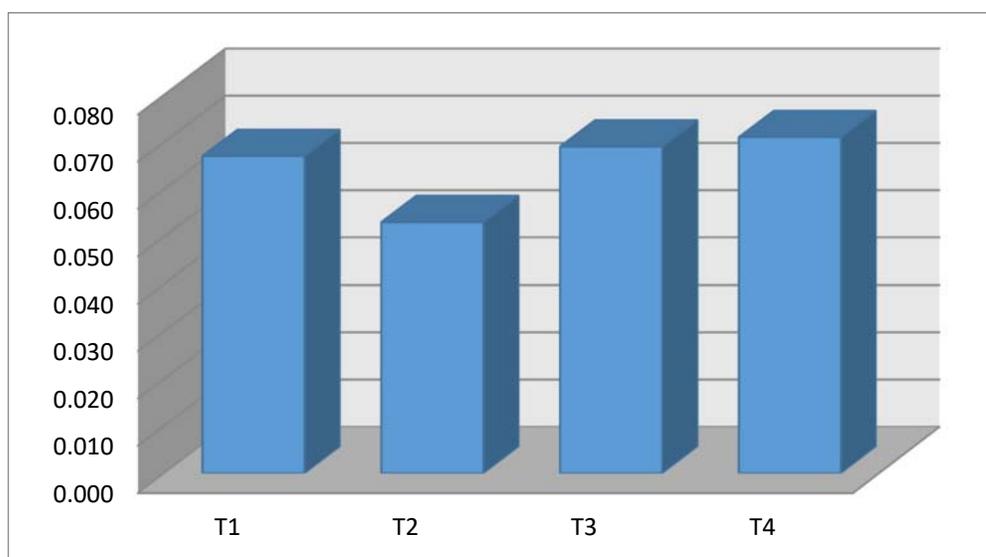
Variable	T1	T2	T3	T4	EEM
GDP	0.067	0.053	0.069	0.071	0.004

No hubo diferencia estadística

T1 (Rastrojo de maíz sin levadura), T2 (Rastrojo de maíz más 5 g de *Saccharomyces cerevisiae*), T3 (Heno de avena sin levadura) y T4 (Heno de avena más 5 g de *Saccharomyces cerevisiae*).

GDP= Ganancia diaria de peso; EEM= Error estándar de la media

**Grafica 2.** Ganancia diaria de peso de caprinos suplementados con *Saccharomyces cerevisiae*, y dos fuentes de forraje fibroso .



En la gráfica 2, se muestra la ganancia diaria de peso en el periodo experimental en los cuatro tratamientos, dentro de los cuales no se aprecian mayores diferencias. Estas ganancias de peso son menores a las reportadas por Cifuentes y González (2013) quienes reportan mayor ganancia (220 g/día) de peso al adicionar 15 g de *S cerevisiae* diariamente en ovinos, así como 120 g/día para T2 con 5 g de *S cerevisiae* y T1 con 0 g de *S cerevisiae* con un GDP de 100 g.

Los estudios previamente publicados sobre los efectos de *S cerevisiae* en el comportamiento productivo de pequeños rumiantes, reportan resultados variables. Estas inconsistencias pueden ocasionarse por muchos factores, como la composición de la dieta, la proporción forraje:concentrado, el tipo de forraje suministrado, la dosis de levadura, la estrategia de alimentación e incluso en

animales lecheros la etapa de lactancia (Yalçın *et al.*, 2011). Además, debe considerarse que *Saccharomyces cerevisiae* varía ampliamente en eficiencia, principalmente debido a las diferencias en la cepa, la viabilidad de las células de levadura y su dosificación (İnal *et al.*, 2010)

### 7.3 Conversión alimenticia

Cuadro 4. Conversión alimenticia de caprinos suplementados con *Saccharomyces cerevisiae*, y dos fuentes de forraje fibroso.

Variable	T1	T2	T3	T4	EEM
CA	11.5	12.9	12.5	11.6	1.0

No hubo diferencia estadística

T1 (Rastrojo de maíz sin levadura), T2 (Rastrojo de maíz más 5 g de *Saccharomyces cerevisiae*), T3 (Heno de avena sin levadura) y T4 (Heno de avena más 5 g de *Saccharomyces cerevisiae*).

CA= Conversión alimenticia, EEM= Error estándar de la media

El cuadro 4 muestra la conversión alimenticia obtenida en los tratamientos experimentales donde se observa gran similitud en los cuatro grupos.

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo, se pudieron ver afectados por distintos factores, entre los que destacan los ambientales, de manejo, y sanitarios entre otros, para que lo animales no expresaran su máximo potencial con estos tratamientos a los que fueron sometidos.

Karakaş *et al.* (2015), reportaron que el empleo de *S cerevisiae* a niveles del 1% del concentrado ya sea sola o adicionada con vitaminas y minerales no tiene efecto significativo sobre la conversión alimenticia de cabritos machos Sannen postdestetados, obteniendo valores de 5.53, 5.78 y 5.79 kg de alimento para obtener un kg de peso vivo en los cabritos recibiendo la dieta control, la dieta con *S cerevisiae* y la dieta con *S cerevisiae* mas vitaminas y minerales respectivamente.

Titi *et al.* (2008), han reportado que la suplementación con cultivos de levadura mejora la digestibilidad, pero no tiene efecto sobre el consumo de alimento, la ganancia de peso y la conversión alimenticia de corderos Awassi y cabritos Shami en engorda.

Pulido (2015), al trabajar sobre la respuesta productiva adicionando *S cerevisiae* y pared celular de *S cerevisiae* en la dieta de 18 ovinos en finalización con un peso promedio inicial de 35 kg. Estableciendo 3 tratamientos (Testigo 0 g/kg MS, *Saccharomyces cerevisiae* 1 g/kg MS, y pared celular de levadura 0.6 g/kg MS) con 6 repeticiones (ovinos) por tratamiento. Se determinó el consumo de materia seca. Se midieron las ganancias diarias de peso, conversión alimenticia. No se encontró un efecto sobre los parámetros de comportamiento productivo, como fue peso vivo inicial, peso vivo final, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia. En otro sentido Suárez-Machín y Guevara-Rodríguez (2017), concluyen que el uso de esta levadura es una opción a considerar si se quiere alimentar eficientemente a los rumiantes, logrando mejoras en los indicadores productivos de los animales, gracias al contenido proteico de la misma y a su efecto probiótico, cuando son utilizadas vivas.

#### 7.4 Fermentación ruminal

Cuadro 5. Parámetros de fermentación ruminal en caprinos suplementados con *Saccharomyces cerevisiae*.

Variables	Tratamientos				EEM
	T1	T2	T3	T4	
Protozoarios (mL <sup>-1</sup> x 10 <sup>4</sup> )	5.53	8.36	6.90	7.36	0.61
pH ruminal	6.76	6.75	6.65	6.60	0.06

T1: Dieta base con heno de avena sin *Saccharomyces cerevisiae*, T2: Dieta base con heno de avena + 5 g de *Saccharomyces cerevisiae*, T3: Dieta base con rastrojo de maíz sin *Saccharomyces cerevisiae* y T4: Dieta base con rastrojo de maíz + 5 g de *Saccharomyces cerevisiae*.

En el cuadro 5 se observa que los tratamientos aplicados no presentaron diferencias estadísticas significativas en relación con la concentración de protozoarios ni con el pH ruminal.

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* contiene nutrientes como vitaminas del grupo B, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, etc., lo que estimula el crecimiento de bacterias celulolíticas, reducción de la concentración de ácido láctico, incremento en la producción de AGVs y un aumento en el pH (Casas, 2018), además las levaduras vivas, mediante su actividad de respiración consumen el oxígeno residual disponible en el rumen, lo que permite que bacterias anaerobias estrictas no mueran. Por lo tanto, los efectos de adicionar *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta son aumentar la degradabilidad de la fibra, disminuir el llenado ruminal y la ingestión de materia seca (Calsamiglia *et al.*, 2005). Sin embargo, en este trabajo cuando se adicionó 5 g de *Saccharomyces cerevisiae* a dietas altas en heno de avena y rastrojo de maíz no se encontraron diferencias significativas en conteo de protozoarios y medición de pH entre los diferentes tratamientos, por lo que coincidimos con Ayala *et al.*, (1994) y con García (2003), quienes obtuvieron un pH ruminal de 6.7 y 8.9 protozoarios ( $\text{mL}^{-1} \times 10^4$ ) en promedio en sus tratamientos y un pH ruminal de 6.21 respectivamente, muy similares a nuestros tratamientos con un pH ruminal de 6.7 y un conteo de 7.03 protozoarios ( $\text{mL}^{-1} \times 10^4$ ) como promedio.

## VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo con las condiciones experimentales descritas para el presente estudio, se concluye lo siguiente:

Los niveles adicionados de *Saccharomyces cerevisiae* utilizados en las dietas, no tuvieron efecto alguno sobre las variables productivas: consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, así como tampoco tuvieron efecto sobre la concentración de protozoarios y el pH en el contenido ruminal

## IX. LITERATURA CITADA

- X. Alvarado, U.E. 2011. Beneficio del uso de levaduras en rumiantes. Nutrición Animal. Disponible en: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) consultado: septiembre 2018.
- XI. Ayala, O.J, Mendoza, M.G., Bárcenas, G.R., González, M.S.S. 1994. Efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y melaza-urea sobre la digestibilidad *in vivo* e *in situ* en dietas para ovinos basada en paja de cártamo. Vet. Mex. 25 (3) pp. 6
- XII. Bailón, N.R.C. 2012. Fermentaciones Industriales. Informe final de investigación. Universidad Nacional de Callao.
- XIII. Barton, M.D. 2000. Antibiotic use in animal feed and its impact on human health. Nutrition Research Reviews, 13, 279–299.
- XIV. Carro, M.D., Ranilla, M.J., Tejido, M.L. 2006. Utilización de aditivos en la alimentación del ganado ovino y caprino. Sitio argentino de producción animal. 7(3) pp. 26-37.
- XV. Calsamiglia, S., Castillejos, L., Busquet, M., Idels, A.D.C.A. 2005. Estrategias nutricionales para modificar la fermentación ruminal en vacuno lechero. XXI Curso de Especialización FEDNA. Madrid. España, 161-185
- XVI. Casas, R.S. 2018. *Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae*: estimuladores y modificadores de la fermentación y crecimiento microbiano ruminal. Artículo de revisión. Revista de Producción Animal, 30(2), 1-8
- XVII. Castillo, V.J., Olivera, A.M., Carulla, F.J. 2013. Descripción del mecanismo bioquímico de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: una revisión. Rev. U.D.C.A Act. y Div. Cient. 16(2) pp. 59-468.
- XVIII. Castro, M., Rodríguez, F. 2005. Levaduras probióticos y prebióticos que mejoran la producción animal. Corpoica. Ciencia y Tecnología agropecuaria. 6(1) pp. 26- 38.
- XIX. Cifuentes, R.O.D., González, T.Y.O. 2013. Evaluación de la levadura (*Saccharomyces Cerevisiae*) en la ganancia de peso de ovinos criollos. Conexión agropecuaria JDC. 3(1) pp 41- 49.

- XX. Doleza, P., Dvoráček, J., Dolezal, J., Cermáková, J., Zeman, I., Szwedziak, K. 2011. Effect of feeding yeast culture on ruminal fermentation and blood indicators of Holstein dairy cows. *Acta Vet. Brno.* 80(2): 139-145.
- XXI. Díaz, A.R., Luz, J.G., Bocourt, R.S., Laurencio, M.S., Pérez, C.M.Q. 2007. Los microorganismos del rumen y su papel en la fisiología digestiva del rumiante. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba
- XXII. Delgado, D. 2006. Fisiología digestiva del rumiante. Curso: "Estrategias de alimentación para el ganado bovino en la sequía". Instituto de Ciencia animal. La Habana, Cuba.
- XXIII. Elías, A., Herrera, F.R. 2009. Producción de alimentos para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con la utilización de microorganismos beneficiosos activados (MEBA) Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 8-13.
- XXIV. Garcia, C.V., Garcia, Y., Lopez, A., Boucourt, R. 2005. Probióticos: una alternativa para mejorar el comportamiento animal. *Revista cubana de ciencia agrícola.* 39(2.)129- 140.
- XXV. García, F. 2003. Efecto del bicarbonato de sodio y un cultivo de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*) en raciones para corderos, sobre el consumo, digestibilidad, parámetros ruminales y características de la canal. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León 118 pp
- XXVI. Garcia, S.M., Lopez, V.Y., Carcasses, V.A. 2012. Empleo de probióticos en los animales. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar). Consultado: agosto 2018.
- XXVII. Gloria, T.A., Hernández, S.D., Hernández, M.O., Crosby, G.M.M., Pinto, R. R., Meraz, R.E., Ramírez, B.J.E. 2014. Comportamiento productivo y niveles de ácidos grasos en la canal de corderos suplementados con *Saccharomyces cerevisiae*. *Ecosistemas y recursos agropecuarios.* 1(2)87-96.
- XXVIII. Ibañez, F.C., Torre, P., Irigoyen, A. 2003. Aditivos alimentarios. Área de nutrición y bromatología. Universidad Pública de Navarra.

- XXIX. İnal, F., Gürbüz, E., Çoşkun, B., Alataş, M.S., Çitil, Ö.B., Polat, E.S., Şeker, E., Özcan, C. 2010. The effects of live yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on rumen fermentation and nutrient degradability in yearling lambs. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 16, 799-804.
- XXX. Issakowicz, J., Bueno, M.S., Sampaio, A.C.K., Duarte, K.M.R., 2013. Effect of concentrate level and live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on Texel lamb performance and carcass characteristics. *Livest. Sci.* 155, 44-52.
- XXXI. Jouany, J.P., Mathieu, F., Senaud, J., Bohatier, J., Bertin, G., Mercier, M. 1999. Influence of protozoa and fungal additives on ruminal pH and redox potential. *South African Journal of Animal Science*, 29, 65–66.
- XXXII. Karakaş Oğuz, F., Buğdayci, K.E., Oğuz, M.N., Albay, M.K., Şahinduran, Ş., Öner, J., Gümüş, H. 2015. The Effects of Yeast Culture Products on Fattening Performance, Rumen Papilla Morphology, Some Blood and Rumen Fluid Parameters in Saanen Male Kids. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(4).
- XXXIII. Lynch, H.A., Martin, S.A. 2002. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture and *Saccharomyces cerevisiae* live cells on *in vitro* mixed ruminal microorganism fermentation. *Journal of Dairy Science*, 85, 2603–2608.
- XXXIV. Marrero, Y. 2005. Las levaduras como mejoradoras de la fermentación ruminal de dietas con alto contenido de fibra. Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba.
- XXXV. Martin, S.A., Streeter, M.N. 1995. Effect of malate on *in vitro* mixed ruminal microorganism fermentation. *Journal of Animal Science*, 73, 2141–2145
- XXXVI. Newbold, C.J., Wallace, R.J., McIntosh, F.M. 1996. Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. *British Journal of Nutrition*, 76, 249–261.
- XXXVII. NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC, USA. National Academy Press. 362 p.

- XXXVIII. Obeidat, B.S. 2017. The effects of feeding olive cake and *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on performance, nutrient digestibility and blood metabolites of Awassi lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 231, 131-137.
- XXXIX. Ogimoto, K., Imai, S. 1981. Atlas of rumen microbiology. Tokyo:Japan Scientific Societies Press
- XL. Oliveira-Fuster, G., González-Molero, I. 2007. Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. *Nutrición hospitalaria* 22:26-34.
- XLI. Pereira, R.V., Orjales, I., Chapelo, J.M., Dominguez, R., Vazquez, P. 2016. Empleo de probióticos en la alimentación de rumiantes. *Albéitar*. 27 10-16.
- XLII. Pesti, G., Miller, B.R.1995. *Animal Feed Formulation, Economics and Computer Applications*. An. AVI Book, Van Nostrand Reinhold. Georgia. USA. 320 p.
- XLIII. Puerta Quintero G.I. 2010. Fundamentos del proceso de fermentación. *Avances técnicos* 402. Gerencia técnica.
- XLIV. Pulido, R.M.A. 2015. Efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y pared celular en la dieta de ovinos en finalización sobre la fermentación *in vitro*, comportamiento productivo, características de la canal y calidad de carne. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.
- XLV. Rotger, C.A. 2004. Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización energía-proteína en terneras en cebo intensivo. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos.
- XLVI. Roger, V., Fonty, G., Komisarczuk-Bony, S., Gouet, P. 1990. Effects of physicochemical factors on the adhesion to cellulose Avicel of the ruminal bacteria *Ruminococcus flavefaciens* and *Fibrobacter succinogenes* subsp. *succinogenes*. *Applied and Environmental Microbiology*, 56, 3081–3087.
- XLVII. Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Olivares, M., Elghandour, M.M.Y., Mellado, M., Arece, J. 2014. Influence of *S. babylonica* extract on feed

- intake, growth performance and diet *in vitro* gas production profile in young lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 46, 213–219.
- XLVIII. Sodi, D., González, R., Martínez, S. 2004. Efectos de la defaunación sobre la fermentación. Disponible en: <http://www.produccionbovinadecarne.com> Consultado: Noviembre de 2018
- XLIX. Suárez-Machín, C., Guevara-Rodríguez, C.A. 2017. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(2), 21-30.
- L. Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, N.A., Guevara-Rodríguez, C.A. 2016. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1).
- LI. Titi, H.H., Dmour, R.O., Abdullah, A.Y. 2008. Growth performance and carcass characteristics of awassi lambs and shami goat kids fed yeast culture in their finishing diet. *Anim Feed Sci Technol*, 142, 33-43
- LII. Whitley, N.C., Cazac, D., Rude, B.J., Jackson-O'Brien, D., Parveen, S., 2009. Use of commercial probiotics supplement in meat goat. *J. Anim. Sci.* 87, 723–728.
- LIII. Yalçın, S., Yalçın, S., Can, P., Gürdal, A.O., Bağcı, C., Eltan, Ö. 2011. The nutritive value of live yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and its effect on milk yield, milk composition and some blood parameters of dairy cows. *Asian- Aust J Anim Sci*, 24, 1377-1385.