

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



Evaluación de hojas de tres especies de *Musas* spp. con adición de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas sobre la función ruminal *in vitro*.

Trabajo de investigación previo a la obtención del grado de:

Médico Veterinario y Zootecnista

Autor:

Héctor Daniel Morales Camacho

Tutor:

Marcos A. Barros Rodríguez, Ph.D.

Ambato-Tungurahua-Ecuador, 2019

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“**HÉCTOR DANIEL MORALES CAMACHO**”, portadora de la cédula de identidad número: **1804620225**, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**EVALUACIÓN DE HOJAS DE TRES ESPECIES DE *Musas spp.* CON ADICIÓN DE *Saccharomyces cerevisiae* Y ENZIMAS FIBROLÍTICAS EXÓGENAS SOBRE LA FUNCIÓN RUMINAL *in vitro***” es original, autentico y personal. En tal virtud declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”

.....

HÉCTOR DANIEL MORALES CAMACHO
C.C. 1804620225

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **“EVALUACIÓN DE HOJAS DE TRES ESPECIES DE *Musas* spp. CON ADICIÓN DE *Saccharomyces cerevisiae* Y ENZIMAS FIBROLÍTICAS EXÓGENAS SOBRE LA FUNCIÓN RUMINAL *In vitro*”** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de Tercer Nivel en la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de esta tesis, o de parte de ella.

.....
HÉCTOR DANIEL MORALES CAMACHO
C.C. 1804620225

“EVALUACIÓN DE HOJAS DE TRES ESPECIES DE *Musas* spp. CON ADICIÓN DE *Saccharomyces cerevisiae* Y ENZIMAS FIBROLÍTICAS EXÓGENAS SOBRE LA FUNCIÓN RUMINAL *In vitro*”

REVISADO POR:

Ing. Zoot. Marcos A. Barros Rodríguez, Ph.D.
TUTOR

Ing. Mg. Alberto Gutiérrez
ASESOR DE BIOMETRÍA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Ing. Mg. Giovanni Velastegui Espín

Presidente del tribunal

FECHA
19/07/1019

Ing. Patricio Núñez

Miembro del Tribunal de Calificación

FECHA
19/07/1019

Dr. William Calero

Miembro del Tribunal de Calificación

FECHA
19/07/1019

AGRADECIMIENTO

Dedico este esfuerzo al Padre y Creador de todo ya que siempre estuvo en las buenas en las malas y las críticas, por darme las fuerzas necesarias para cumplir mis metas a mis queridos Padres que siempre estuvieron junto a mi apoyándome a seguir adelante dándome lo necesario para llegar hasta aquí, se los dedico con mucho amor, siendo ellos mi inspiración de valentía, coraje y trabajo duro, a mi familia que siempre han estado junto a mí con una sonrisa, a cada uno de los que lean estas palabras que nunca dudaron en mí y sé que este logro es una felicidad compartida, a mi tía Aurora Camacho, siempre estuvo apoyándome en cada necesidad, así como, al Padre Martín Schalatbauer. A ti Diana S. como podía olvidarme, por darme tu apoyo y las herramientas necesarias en todo este largo tiempo, esta alegría la comparto contigo.

A mis profesores que fueron una fuente de motivación con los conocimientos necesarios para ser un profesional de éxito, a mis compañeros y amigos.

Gracias de corazón.

Dios les pague.

INDICE

CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II	3
2. MARCO TEORICO O REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	3
2.2 CATEGORIAS FUNDAMENTALES	5
CAPITULO III.....	11
3.1 HIPOTESIS.....	11
3.2 OBJETIVOS	11
3.2.1 General.....	11
3.2.2 Específicos	11
CAPITULO IV.....	12
4. MATERIALES Y METODOS	12
4.1 Ubicación del experimento	12
4.2 Caracterización del lugar	12
4.3 Equipos y Materiales.....	12
4.4 FACTORES DE ESTUDIO.....	14
4.5 TRATAMIENTOS.....	16
4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	17
4.7 VARIABLES RESPUESTA.....	17
CAPITULO V.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
5.1 RESULTADOS.....	20
5.1.1 Producción de gas	20
5.1.2 pH y Digestibilidad in vitro de la MS y MO.....	21
5.2 DISCUSIÓN	24
5.2.1 Producción de gas	24
5.2.2 Digestibilidad de nutrientes <i>in vitro</i> y pH.....	24
CAPITULO VI.....	26
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	26

6.1 CONCLUSIONES	26
6.2 REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....	26
6.3 ANEXOS	33
CAPITULO VII	34
PROPUESTA.....	34
7.1 DATOS INFORMATIVOS	34
7.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	34
7.3 JUSTIFICACIÓN	35
7.4 OBJETIVOS	35
7.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	35
7.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	36
7.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	36
7.6 FUNDAMENTACIÓN	36
7.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO	37
7.8 ADMINISTRACIÓN.....	37
7.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	37

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas en forrajes de *Musas spp.* sobre la función ruminal *in vitro*. El trabajo se realizó en la Granja experimental Querochaca de la UTA. La investigación se la realizó bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 4. Los datos se analizaron según el modelo empleado. A los forrajes evaluados se les incorporó aditivos como: *S. cerevisiae* y enzimas fibrolíticas. Para conformar los siguientes tratamientos: TO: *M. acuminata* sin aditivos, TOE: *M. acuminata* con enzimas (0.002 mg/kg), TOS: *M. acuminata* con *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg), TOES: *M. acuminata* con enzimas (0.002 mg/kg) y *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg). TP: *M. balbisiana* sin aditivos, TPE: *M. balbisiana* con enzimas (0.002 mg/kg), TPS: *M. balbisiana* con *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg), TPES: *M. balbisiana* con enzimas (0.002 mg/kg) y *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg) y TG: *M. paradisiaca* sin aditivos, TGE: *M. paradisiaca* con enzimas (0.002 mg/kg), TGS: *M. paradisiaca* con *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg), TGES: *M. paradisiaca* con enzimas (0.002 mg/kg) y *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg). Se determinó la producción de gas total, CH₄ y CO₂, pH y digestibilidad y Ácidos grasos volátiles (AGVs). La producción de gas total fue menor en el tratamiento TPE (265.5 mLgas/0.5g MS Fermentable) frente a los demás tratamientos (P<.0001). La menor (P=0.0001) producción de CH₄ se observó en el tratamiento TO (36.3 mLCH₄/0.5g MS Fermentable), con respecto a la producción de CO₂ fue menor en el tratamiento TOS (71.3 mLCO₂/0.5g MS Fermentable). El pH mostró diferencias significativas (P<.0001) entre tratamientos. La digestibilidad ruminal de la MS y MO fue mayor (P=0.0001) en el tratamiento TPS (45,6 y 45,1% respectivamente). Con respecto a la proporción (mol/100mol) de ácidos grasos volátiles no se observó diferencias entre los tratamientos evaluados (P>0.05). Se puede concluir que la incorporación de aditivos como enzimas y *S. cerevisiae* en forrajes fibrosos de *Musa spp* puede beneficiar las funciones del rumen, incrementando la digestión y mitigando la producción de los gases de efecto invernadero en los rumiantes.

Palabras claves: *Musas spp.*, enzimas, *Saccharomyces cerevisiae*, digestibilidad.

SUMMARY

The aim of this research was to evaluate the effect of the addition of *Saccharomyces cerevisiae* and exogenous fibrolytic enzymes in forages of *Musa* spp. on in vitro rumen function. The work was carried out in the experimental farm Querochaca of the UTA. The research was conducted under a completely randomized design with a 3 x 4 factorial arrangement. The data was analyzed according to the model used. The evaluated forages were added additives: *S. cerevisiae* and fibrolytic enzymes. To conform the following treatments: TO: *M. acuminata* without additives, TOE: *M. acuminata* with enzymes (0.002 mg/kg), TOS: *M. acuminata* with *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg), TOES: *M. acuminata* with enzymes (0.002 mg/kg) and *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg). TP: *M. balbisiana* without additives, TPE: *M. balbisiana* with enzymes (0.002 mg/kg), TPS: *M. balbisiana* with *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg), TPES: *M. balbisiana* with enzymes (0.002 mg/kg) and *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg) and TG: *M. paradisiaca* without additives, TGE: *M. paradisiaca* with enzymes (0.002 mg/kg), TGS: *M. paradisiaca* with *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg), TGES: *M. paradisiaca* with enzymes (0.002 mg/kg) and *S. cerevisiae* (0.002 mg/kg). The production of total gas, CH₄ and CO₂, pH and digestibility and volatile fatty acids (VFAs) were determined. The total gas production was lower in the treatment TPE (265.5 mLgas/0.5g Fermented DM) compared to other treatments (P<.0001). The lowest (P=0.0001) CH₄ production was observed in the treatment TO (36.3 mLCH₄/0.5g Fermented DM), with respect to CO₂ production was lower in the treatment TOS (71.3 mLCO₂/0.5g Fermented DM). The pH showed significant differences (P<.0001) between treatments. The rumen digestibility of DM and OM was higher (P=0.0001) in the treatment TPS (45.6 and 45.1% respectively). The proportion (mol/100mol) of volatile fatty acids, no showed significant differences between treatments evaluated (P>0.05). It can be concluded that the incorporation of additives such as enzymes and *S. cerevisiae* in fibrous forages of *Musa* spp can benefit the rumen functions, increasing digestion and mitigating the production of greenhouse gases in ruminants.

Keywords: Musas, enzymes, *Saccharomyces cerevisiae*, digestibility.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La nutrición de los rumiantes en el trópico y subtrópico depende exclusivamente de pastos, que en ciertas épocas del año su rendimiento y calidad es baja, lo que conlleva a una alta fibrosidad de la pared celular, y como consecuencia bajas ganancias de peso y producción de leche (Haro, 2003). Como una alternativa para subsanar las deficiencias nutricionales del ganado en estas regiones, se ha utilizado subproductos agroindustriales o rechazos de cosecha que sean económicamente factibles y que se adapten al sistema de manejo en las explotaciones. Además, que contengan bajos niveles de fibra y alto contenido de proteína (Ortega, Rodríguez, Arturo, & Zambrano, 2010)

Actualmente, la población mundial oscila en 7300 millones de personas (Kashiwase, 2015). Sin embargo, se pronostica que para el 2050 llegará a 9700 millones de personas, lo que obliga al sector agropecuario a satisfacer las necesidades existentes, fomentando mayor demanda de alimentos. Se estima que la producción pecuaria deberá incrementar el 18 % en la carne bovina; 45 % la de ovinos, caprinos, y porcinos; 68 % aves y 45 % la producción de leche (Delgado, Rosegrant, Steinfeld, Ehui y Cour, 1999). Lo anterior, ocasionaría un deterioro ambiental debido a la contaminación que produce la ganadería, para ello, actualmente se ha puesto énfasis en el estudio para reducir el efecto de los gases de invernadero provenientes de la fermentación entérica de los bovinos (Carmona, Bolívar, y Giraldo, 2005). El metano entérico corresponde al 15% de la emisión de gas mundial (Ortega et al., 2010). Estudios realizados por Nkrumah et al. (2014) mencionan que la reducción del 25 % de la emisión total de metano producido por los rumiantes podría beneficiar al animal. Debido a que la energía gastada en forma de metano corresponde del 2 al 15 % del consumo diario (Barros-Rodríguez et al., 2015). Con ello, el animal puede maximizar la utilización de la energía e incrementa ganancia de peso y rendimiento de leche.

Según Calsamiglia et al., (2007) mencionan que, en la última década se ha mostrado mucho énfasis en estudios para encontrar alternativas que permitan manipular la

población microbiana y modular el patrón de fermentación ruminal mediante el uso de ácidos orgánicos, extractos de plantas, probióticos entre otros. Así también, Kim et al., (2012) señalan que las plantas contienen compuestos secundarios como taninos, saponinas y aceites esenciales pueden permutar la fermentación ruminal sin dejar residuos, siendo una alternativa para disminuir las emisiones entéricas de metano y mejorar el metabolismo en los rumiantes y con ello, mayor producción (Wischer, Boguhn, Steinga, Schollenberger, & Rodehutschord, 2013). Entre los aditivos más comunes utilizados en la alimentación de rumiantes se encuentran los taninos. Los taninos al pertenecer a varios grupos de flavonoides poliméricos, una de las cualidades es adherirse a los carbohidratos y proteínas, colaborando en el metabolismo de las proteínas en el rumen (Mancera, Demares, & Echeverry, 1997); esto permite un aumento significativo de nitrógeno amoniacal el cual esta coligado a estimular bacterias tanto proteolíticas como celulíticas ya que el medio predilecto de estas, es la fuente de nitrógeno, por consiguiente ayuda a la degradación de la pared celular y digestibilidad del nitrógeno (Barros-Rodríguez et al., 2015).

No obstante, García, Castrejóna, Mendoza, & Pérez, (2000), mencionan que eventualmente existe un posible incremento en la producción de propionato pero esto se rige de la calidad y el tipo de forraje, ya que si el pasto es alto en energía, la fibra se verá limitada a causa de una disminución del pH y el rápido paso a través del rumen. Además, Mancera et al., (1997) describen que si el tipo de alimento es por ejemplo; silaje de maíz o alfalfa al principio del proceso de ensilado van a producir la fermentación de ácidos y la proteasa no podrá ejercer su función de forma correcta (Vera, Smith, ZoBell, Young, & Eun, 2012). Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas en forraje de *Musas spp.* sobre la función y fermentación ruminal *in vitro*

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO O REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1.1 Producción ganadera

La ganadería provoca un impacto de gran magnitud ya que utiliza grandes superficies para su crianza conlleva talar los bosques aledaños, lo que incita a una deforestación y la degradación del suelo, y como consecuencia produce la erosión y una alta deficiencia en la captación de agua, minerales y nutrientes (Haddad & Goussous, 2005). Además, que la ganadería provoca despojos en los suelos como toxicidad, saturación de macro y micro minerales; así como la producción de amonio y gases de invernadero como CH₄, CO₂ y Óxido Nitroso (Silva, 2016).

Según la Federación Nacional de Ganaderos en el Ecuador, cada año se producen 300 millones de libras de carne bovina y se destinan 760 000 cabezas de ganado para la producción. El 70% de la producción proviene de la Costa y el 30% restante de la Sierra y Amazonia (Mestanza, 2015). Ecuador produce 220.000 toneladas de carne anual (Fedegan, 2014) de las cuales 576 toneladas de carne son de consumo del país y el resto para exportación (Carvajal, 2017)

Actualmente, en el país la ganadería se ha convertido en una actividad que ha crecido gracias a la demanda de subproductos lácteos; por esta razón al existir una alta demanda la producción ganadera también ha aumentado, y con ello, la producción forrajera, incentivando a encontrar alimentos alternativos para alimentación de ganado (Sanchez, 1998). Sin embargo, el continuo avance de los sistemas ganaderos está relacionada estrechamente con la tecnología y el mejoramiento genético, así como, su rentabilidad (Torres, Rivas, Pablos-heredero, Perea, & Toro 2014). A medida que el uso de los granos, como recurso de elección principal en dietas de los rumiantes se ha reduciendo, el interés por utilizar subproductos agrícolas ha incrementado (Sanchez, 1998). No obstante, Paladines, (1992) menciona que, el

desarrollo lento de la ganadería se ve influenciado por la falta de especies forrajeras de buena calidad, debido a los suelos pobres y el desconocimiento de nuevas especies de plantas y subproductos que resultan beneficiosas para la producción (Elghandour et al., 2015).

2.1.2 Alimentación de rumiantes en Ecuador

La producción ganadera se ve afectada por los continuos cambios de clima, al no existir materia prima de calidad y de bajo costo para alimentar los animales; ello ocasiona alteración del producto final y costos de producción elevados en los mercados (INIAP, 2017). En Ecuador, las superficies de pastos destinados para la ganadería cubren una superficie de 1'843.600 hectáreas, en las cuales se crían alrededor 2'540.238 bovinos, dando una carga animal de 1,27 UBA/ha (Grijalva & Espinosa. 1995).

A nivel nacional, los sistemas de producción ganadera más usados son: campo abierto, sogueo y semiestabulados. En terrenos con insuficiente fertilidad, como consecuencia no pueden adaptarse a condiciones climáticas variables desencadenando una biomasa nutricional baja y por consiguiente, reducción representativa de la producción animal (Jiménez, Mezquida, Benito, & Rubio, 2008). La crianza de ganado bovino en el trópico se basa en un sistema de producción de ganadería mixta que se adapta a recursos como bosques tropicales secos y húmedos (Ortega et al., 2010).

No obstante, al existir gran biodiversidad de recursos forrajeros se presentan restricciones; por ejemplo, en los periodos secos, aunque tiene la ventaja de proporcionar una armonía de los recursos del agro, este sistema se puede encontrar en zonas de bajos recursos económicos (Torres et al., 2014).

Las principales actividades agrícolas que se realizan en la región tropical es la producción de maíz (*Zea mays L.*) y arroz (*Oryza sativa*) cultivos tropicales como el banano, (*Musa paradisiaca*) y palma africana (*Elaeis guineensis*) (Jordán B., 2003). La producción mixta arroja un gran potencial, ya que la utilización de subproductos agrícolas y residuos, reduce el costo de alimentación (Sanchez, 1998). Sin embargo, el desconocimiento de su valor nutritivo al elaborar raciones equilibradas

desaprovecha su potencial en las distintas etapas fisiológicas y de producción (Torres et al., 2014). No obstante, el 24% de las explotaciones alimenta los animales con suplementos durante el periodo de lactancia, solo el 7% suplementa recría y alrededor del 90% usa algún residuo o subproducto agrícola como complemento (Paladines, 1992). Sin embargo, todas las explotaciones usan minerales como complemento alimenticio para bovinos (Riquelme, 2012).

2.2 CATEGORIAS FUNDAMENTALES

2.2.1 Producción de Rumiantes en el Trópico y Subtrópico

La ganadería tradicional se basa en la implementación de un sistema de monocultivos de gramíneas y un sistema sostenible silvopastoril, que se acomoda a cambios ecológicos, sociales y económicos de las zonas (Terranova, Campos, & Sánchez-Guerrero, 2014). Uno de los beneficios de estos sistemas es que permite aumentar las técnicas de producción, aumentando la variedad y la oferta de forraje al conservar la biodiversidad propia de la zona como valor agregado (Rios, 2007). No obstante, los beneficios de la cobertura arbórea, además, de conservar los recursos naturales, incluyen la reducción de la erosión de los suelos incorporación de carbono y ayudan a preservar fuentes de agua (Ibrahim, Villanueva, & Casasola, 2007).

Actualmente en Ecuador, hay una amplia variedad de subproductos agrícolas y agroindustriales que han obligado a reformar el pensamiento tradicional y mejorar los esquemas de alimentación en rumiantes (Castillo, Olivera, & Carulla, 2013). Es así, que al existir muchos subproductos es necesario someterlos a un tratamiento físico químico y de igual manera adicionar otros agregados como la melaza y urea, para de esta manera mejorar su propiedad nutritiva (Mancera et al., 1997). Como ejemplo de residuos tenemos; banano de rechazo, residuos de mango, cascara de maracuyá, cascara de café, polvillo de arroz, calcha de maíz suave, panca de maíz duro, brócoli, caña de azúcar y sub productos como la yuca de rechazo, considerados como productos de uso limitado al tener material sólido contaminante (Duchi, 2005)

Varios subproductos agrícolas no tradicionales actualmente ya no son excluidos por la presencia de metabolitos secundarios (taninos y cutina), dado que estos tienen la peculiaridad de ligar proteínas; al contrario, se han instaurado como una herramienta fundamental, dando un tratamiento previo haciendo aún más digeribles los alimentos. En general, algunas leguminosas forrajeras contienen altos niveles de taninos, que producen efectos negativos como la disminución en el consumo de alimento, la reducción de la digestibilidad de materia seca, así como, el inadecuado funcionamiento del rumen Paladines (1992) & (Apráez, Delgado y Narváez 2012).

2.2.2 Alimentos altos en fibra

Las variedades de fibras naturales podemos clasificarlas por el lugar de su procedencia, es decir fibras largas (duras o blandas) que resulta del sistema vascular de las hojas o el tallo de las plantas, las fibras cortas provienen de semillas o frutos y las fibras misceláneas que su origen es de otra región de la planta (Quesada-Solís, Alvarado-Aguilar, Sibaja-Ballester, José, & Vega-Baudrit, 2005). La fibra dentro de la alimentación de rumiantes cumplen un papel importante en la función ruminal, incitando la masticación y estimulando la producción de saliva, lo que promueve un adecuado nivel de pH, por consiguiente, disminuye la producción de ácido en la fermentación (Allen, 1997).

Desde el punto de vista fisiológico, la fibra es la fracción de alimento que restringe la digestión, requiere ser masticada para reducir el tamaño de la partícula ocupada en el rumen. La pared celular (celulosa y hemicelulosa) son digeridas en procesos de fermentación, donde la ruptura de carbohidratos complejos de la pared es producida por enzimas provenientes de la población bacteriana, protozoaria y fúngica del rumen y como resultado la formación glucosa y ácidos grasos volátiles, lo cual, contribuye a la mayor aporte de energía para el rumiante (Cruz & Sánchez, 2000). Como producto de la fermentación ruminal se obtienen aminoácidos, amoníaco (NH_3) y ácidos de cadena corta siendo estos los responsables de ayudar a degradar la pared celular dentro del rumen y ayuda a estimular la presencia de microorganismos como bacterias celulolíticas y proteolíticas (Hoover y Stokes 1991). No obstante, Goel & Makkar (2012) mencionan que estas bacterias reducen la pérdida de energía

al disminuir la producción de metano y CO₂, como resultado del efecto de la reducción de hidrogeno (Jayanegara, Leiber & Kreuzer 2012).

2.2.3 Subproductos del banano

Productos rechazados, verdes, no maduras y maduras, son una buena fuente de energía para los animales. Las vacas lecheras las apetecen y pueden consumir grandes cantidades, su contenido de fibra bruta y proteína bruta es bajo, como también la cantidad de proteínas, y minerales; por lo que deben ser complementados con pasto u otro forraje voluminoso para prevenir problemas en el rumen, y con un suplemento de proteínas y minerales (Wischer et al., 2013). Cuando se dispone de grandes cantidades de este subproducto, se puede ensilar triturándolo y mezclándolo con uno o varios alimentos ricos en proteína como camada de aves (cascara de arroz mezclada con estiércol de gallinas), orujo seco (desecho del aceite de oliva), desecho de pescado u hojas de yuca (Kayouli & Stephen, 2001; Velásquez, 2004). Los pseudos tallos se puede triturar y ensilar una vez que el racimo ha sido cosechado y se ha cortado la planta: un ensilaje programado al finalizar la cosecha permite conservarlos. Al ensilar se agrega una fuente fácilmente fermentable de carbohidrato como melaza o raíces cortadas y alimentos ricos en proteína como camada de aves u orujo por lo cual se obtiene un buen ensilaje (Kayouli & Stephen, 2001).

2.2.4 Producción de metano en rumiantes

Debido a la intervención desmedida del hombre y a actividades naturales, al año se generan alrededor de 500 millones de toneladas métricas de metano a la atmosfera (Carmona, Bolívar, & Giraldo, 2009). Uno de las causantes más relevantes de emisión de gases de invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄), es el sector ganadero, directamente en la producción de estiércol o indirectamente en dinámicas como producción de piensos y la conversión de bosques en pastos para alimentar sistemas de pecuarios (Steinfeld et al., 2006). La fermentación entérica y la descomposición del estiércol son los procesos

responsables de las emisiones de metano y óxido nitroso (Kauppi, Kurz, Phillips, & Shvidenko, 2013), siendo los rumiantes los responsables de aportar con el 18 % del total de emisiones de metano antropogénico (Apráez et al., 2012)

2.2.5 Fermentación ruminal

La cinética ruminal tiene por objetivo la degradación del alimento usando a la población ruminal y la interacción entre ellas para la obtención de energía a partir de carbohidratos y compuestos nitrogenados (Ortega et al., 2010). El metabolismo ruminal está orientado a aprovechar los productos de la fermentación microbiana como los ácidos grasos volátiles (AGV) y no tan útiles como amoníaco, metano y nitritos (Calsamiglia et al., 2007).

La mayoría de microorganismo presentes en el rumen son anaeróbicos estrictos, pueden ser bacterias, arqueas, hongos y protozoos ciliados, sin embargo la cantidad relativa de cada especie dependerá específicamente de la composición y estructura de la dieta, así como, la coacción entre ellos (Barros-Rodríguez et al., 2015). Cada uno de ellos, cumpliendo una función específica, es decir *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Butirivibrio LM8/1B* y *Butirivibrio fibrisolvens* en un proceso de hidrolización de lípidos, dejan en forma libre ácidos grasos insaturados (Ortega et al., 2010). Sin embargo, se han registrado tres especies de bacterias implicadas en la biohidrogenización que toman estos ácidos grasos insaturados y los convierten en ácidos grasos volátiles (Castillo et al., 2013).

2.2.6 Efecto de la dieta en la producción de metano

La producción de metano es el resultado de la fermentación de los carbohidratos (metanogénesis) producida por poblaciones microbianas metanogénicas anaerobias (*Methanobrevibacter ruminantium*, *Methanobacterium formicicum*, *Methanomicrobium mobile*). Las pérdidas de energía por medio del metano representan del 2 al 15%, reflejándose en la pérdida de un litro de leche y 75 gramos de peso en un bovino al día (Armando, Cárdenas, & Lemus, 2012). La dieta influencia directamente en la producción de metano. Alimentos altos en fibra acrecientan la producción de ácido acético y por ende aumenta la producción de metano. Además, como una alternativa para reducir la metanogénesis ruminal hay

metabolitos como las saponinas y fenilpropanoides, mismas que inhiben de manera selectiva la población protozoaria y arqueas metanogénicas y con ello, la disminución del metano (Terranova et al., 2014).

2.2.7 Aditivos en la nutrición de rumiantes

La adición de productos enzimáticos en la alimentación de rumiantes tiene como propósito actuar sobre la digestibilidad promoviendo el aprovechamiento en el interior del rumen y reduciendo la eliminación de gases de invernadero. Entre los aditivos más relevantes que mejora la función ruminal se mencionan por ejemplo a enzimas y levaduras.

2.2.8 Levadura

El ecosistema ruminal se ha convertido en las últimas décadas en un tema de investigación que ha obligado a buscar alternativas, que ayuden a mejorar el rendimiento de alimentos no tradicionales, es así, que existen 1000 cepas de *Saccharomyces cerevisiae* según American Type Culture Collection Catalogue, (2011), el propósito de la adición de la levadura en dietas es mejorar la digestibilidad de materia seca, proteínas y hemicelulosa; además de optimizar la digestión de materia orgánica ruminal y digestión ruminal verdadera orgánica de la dieta (El-waziry, 2007).

Otra investigación realizada en 24 borregos, donde se evalúa el efecto de la suplementación de *Saccharomyces cerevisiae* a la dieta, dio como resultado que los corderos alimentados con 3 y 6 gramos al día de levadura tuvieron una mayor ganancia de peso y conversión alimenticia, debido al incremento del ácido propiónico en el rumen y amoníaco ruminal. Además, se evidencio cambios en las poblaciones bacterianas del rumen alterando el flujo de Nitrógeno duodenal (Haddad & Goussous, 2005)

2.2.9 Enzimas

Las enzimas desempeñan la función de optimizar la digestibilidad e ingesta de materia seca; las enzimas fibrolíticas exógenas, a más de intervenir degradando la

fibra, incitan a una mayor colonización en el alimento e incrementan el número de microorganismos fibrolíticos y no fibrolíticos debido a los productos intermediarios de la degradación de las proteínas (ácidos grasos de cadena corta ramificadas), mismos, que son los propulsores del crecimiento de microorganismos celulíticos del rumen (Mendoza, Loera-Corral, Plata-Pérez, Hernández-García, & Ramírez-Mella, 2014).

Una investigación realizada por Sanmartín (2018) donde utilizó cuatro ovinos machos castrados alimentados con dieta base y usando compuesto enzimático fibrolítico exógeno, dio como resultado que la adición de las enzimas fibrolíticas en la dietas altas en fibra a razón de hasta 3ml/kg Ms, mejora la degradación de materia organica y digestibilidad de fibra, mantiene un pH óptimo para la población ruminal, incrementa la producción de ácido propiónico y reduce la producción de gases de efecto invernadero considerablemente.

CAPITULO III

3.1 HIPOTESIS

La adición de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas actúa como modulador sobre el forraje de *Musa* spp, favoreciendo la digestión de la fibra, la fermentación ruminal y reduce la producción de gases de efecto invernadero entérico.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 General

- Evaluar el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas en forraje de *Musas spp.* sobre la función y fermentación ruminal *in vitro*

3.2.2 Específicos

- Determinar el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas en el forraje de *Musa paradisiaca*, *Musa balbisiana* y *Musa acuminata* sobre la proporción de ácidos grasos volátiles, digestibilidad y pH del rumen *in vitro*.
- Evaluar el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas en el forraje de *Musa paradisiaca*, *Musa balbisiana* y *Musa acuminata* sobre la producción de dióxido de carbono y metano entérico *in vitro*.

CAPITULO IV

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Ubicación del experimento

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Ruminología de la Granja Experimental Docente Querochaca - Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Técnica de Ambato. Ubicada en el Cantón Cevallos sector el Tambo, Provincia de Tungurahua, a una altitud de 2865 m.s.n.m. cuyas coordenadas geográficas son 01°22'02'' de latitud Sur y 78°36'22'' de longitud Oeste.

4.2 Caracterización del lugar

Según los datos registrados en la estación meteorológica de la Granja Experimental Docente Querochaca. La temperatura media va de entre 12 a 14.2 °C, humedad relativa 76.8 % promedio y la precipitación anual es de 632 mm. El clima está clasificado como templado frío semi-seco (INAMHI 2016).

4.3 Equipos y Materiales

4.3.1 Equipos

- Tanque de CO₂
- Molino de martillo
- Transductor de presión (DO 9704, Delta OHM, Italia)
- pH-metro (BANTE-221 portable pH/OR Meter)
- Analizador de fibra; marca Ankom Technology 2000
- Balanza analítica Cap. 150g (1g) modelo TEC
- Balanza digital Cap. 100g (marca Distecnic, modelo 21C-R TEC)

- Estufas (marca Stabletemp, MODELO LD-4413)
- Picadora de forraje (marca estrella, modelo ST-1800)
- Baño María; (marca Stabletemp, modelo Dp-113)
- Desecador vidrio Borosilicato x 200 mm (marca Deltalab, modelo 19232)
- Analizador de proteína marca LECO Corporation (Analytical Instrumentation modelo LECO AC600)
- Computadora portátil; Samsung

4.3.2 Materiales

- Hojas de tres especies de *Musas* spp (*Musa paradisiaca*, *Musa balbisiana* y *Musa acuminata*)
- Establo
- Líquido ruminal
- Baldes de 14 L.
- Tamiz (1 mm)
- Licuadora marca Oster
- Jeringas de 5, 10, 20 y 60 ml.
- Papel filtro
- Bolsas plásticas (10 kg)
- Frascos de vidrio color marrón de 100 ml.
- Crisoles
- Pinzas
- Vasos de precipitación
- Matraces aforados

- Vasos de precipitación
- Espátula
- Imanes
- Guantes de látex
- Guantes de ginecología bovina.
- Guantes de caucho
- Botas
- Overol
- Tubos Eppendorf de 2 ml

4.4 FACTORES DE ESTUDIO

4.4.1 Levaduras y Enzimas utilizadas

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* utilizada se encontraba a concentración de 5.5×10^9 UFC/g, de marca comercial Alltech® (YEA-SACC®, Alltech INC, Nicholasville, KY, U.S.A).

El compuesto enzimático fibrolítico exógeno (Fibrozyme®, Alltech INC, Nicholasville, KY, U.S.A) es una combinación de extracto de la fermentación de *Aspergillus niger* y *Trichoderma viride* y fermentos solubles, protegidos por técnicas de glucosilación. Su actividad xilanásica es de 100 UI/g (una unidad xilanásica es la cantidad de enzima necesaria para liberar 1 μ mol de xilosa).

4.4.2 Factores de estudio

F1: Hojas de Orito *Musa acuminata* (0,500 g- 0,520 g)

Hojas de Orito (0,500 g- 0,520 g) + Enzimas (0,001 g)

Hojas de Orito (0,500 g- 0,520 g) + Levaduras (0,001 g)

Hojas de Orito (0,500 g- 0,520 g) + Enzimas (0,001 g) + Levaduras (0,001 g)

F2: Hojas de Plátano *Musa balbisiana* (0,500 g- 0,520 g)

Hojas de Plátano (0,500 g- 0,520 g) + Enzimas (0,001 g)

Hojas de Plátano (0,500 g- 0,520 g) + Levaduras (0,001 g)

Hojas de Plátano (0,500 g- 0,520 g) + Enzimas (0,001 g) + Levaduras (0,001 g)

F3: Hojas de Guineo *Musa paradisiaca* (0,500 g- 0,520 g)

Hojas de Guineo (0,500 g- 0,520 g) + Enzimas (0,001 g)

Hojas de Guineo (0,500 g- 0,520 g) + Levaduras (0,001 g)

Hojas de Guineo (0,500 g- 0,520 g) + Enzimas (0,001 g) + Levaduras (0,001 g)

4.5 TRATAMIENTOS

En la Tabla 1 se observa la distribución de los tratamientos y repeticiones

TABLA 1. Distribución de los tratamientos y repeticiones

Factores	Tratamientos	Repeticiones	N° de muestras	Total
Hojas de <i>Musa Acuminata</i>	Sin aditivo	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1
	Enzimas	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1
	Levaduras	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1
	Enzimas + Levaduras	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1
Hojas de <i>Musa balbisiana</i>	Sin aditivo	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1
	Enzimas	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1
	Levaduras	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1
	Enzimas + Levaduras	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1

Continuación de la TABLA 1.

Factores	Tratamientos	Repeticiones	N° de muestras	Total
Hojas de <i>Musa paradisiaca</i>	Sin aditivo	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1
	Enzimas	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1
	Levaduras	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1
	Enzimas + Levaduras	1	1	1
		2	1	1
		3	1	1
		4	1	1
		5	1	1
		6	1	1

4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 4. El análisis de los datos se los realizó según el diseño empleado mediante el PROC GLM del SAS. La comparación de medias se la analizó mediante la prueba de Tukey. La cinética de producción de gas, CH₄ y CO₂ se la ajustó a la ecuación monobásica descrita por Groot et al. (1996) utilizando el Prism 4 program, Graphpad Software, Inc. San Diego, CA, USA

4.7 VARIABLES RESPUESTA

4.7.1 Producción de gas *in vitro* y digestibilidad *in vitro*

Para estas pruebas se colectó el líquido ruminal antes de la alimentación en la mañana y se almacenó en recipientes plásticos y fueron transportados al laboratorio

para ser procesados dentro de la primera hora de la recolección. Las muestras de alimento se tomaron según los tratamientos. La preparación de medios ricos en nitrógeno (saliva artificial) se realizó según lo descrito por Menke & Steingass, (1988) para la utilización del medio se mezcló los siguientes componentes:

1) Solución de micro minerales: Cloruro de calcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Cloruro de Manganeseo ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), Cloruro de Cobalto ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), Cloruro Férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

2) Solución Buffer: Bicarbonato de Sodio (NaHCO_3), Bicarbonato de Amonio (NH_4HCO_3).

3) Solución macrominerales: Fosfato de Sodio Dibásico (Na_2HPO_4), Fosfato de Potasio Monobásico (KH_2PO_4), Sulfato de Magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

4) Solución Reductora: Cisteína.

5) Indicador anaerobio: Resarzurina. Para aforar el volumen necesario se utilizó agua desionizada. Esta solución una vez mezclada se mantiene caliente a baño maría y bajo CO_2 , suministrando por un dispensador de CO_2 .

La producción de gas se realizó mediante la técnica *in vitro* descrita por Theodorou et al. (1994), la cual consistió en colocar 0.500 mg de MS de muestra en botellas de vidrio ámbar con capacidad nominal de 100 mL, en las botellas se incubo 60 ml del inóculo (saliva artificial/inóculo; contenido ruminal) bajo flujo constante de CO_2 . Las botellas se incubaron entre 39 – 40 °C. La medición de la presión de gas y el volumen fueron medidos manualmente a los siguientes tiempos 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72 y 96 horas posterior a la incubación con un transductor de presión (DO 9704, Delta OHM, Italia) y jeringas plásticas. Para cada tratamiento fueron usadas 6 botellas y tres botellas adicionales se usaron como blancos. Los datos fueron ajustados a la ecuación monobásica (formula 1) descrita por Groot et al., (1996).

Fórmula 1:

$$\text{mL gas} = \text{GV}(1 + (\text{B}/\text{t})\text{C})$$

Para la digestibilidad *in vitro* se realizó el mismo procedimiento arriba mencionado con la diferencia que al término de las 48 horas de incubación se estimó la digestibilidad MS.

4.7.2 pH Ruminal

Bajo el mismo procedimiento, para la producción de gas *in vitro* se prepararon 75 frascos de vidrio que sirvieron para coleccionar muestras de contenido ruminal en los siguientes tiempos de incubación; 0, 2, 4, 8, 12 y 24 horas. De cada frasco (n=5 tratamiento), de cada tiempo y cada tratamiento, se midió el pH ruminal con ayuda de un pH-metro (BANTE-221 portable pH/ORP Meter).

4.7.3 Ácidos grasos volátiles AGV, pH ruminal, nitrógeno amoniacal

De la botellas que sirvieron para medir el pH ruminal se coleccionó 4 mL de contenido ruminal y se mezcló con 1 mL de solución de ácido metafosfórico al 25% y se almacenó a 4 °C hasta el análisis de AGVs (Barros et al., 2015).

4.7.3 Análisis químico

La Materia Seca (#7.007), Nitrógeno (#2.057), y ceniza (#7.009) se determinó según la metodología descrita por AOAC (1990). La FDN y la FDA se determinaron mediante el método 13 y 12 respectivamente del analizador Ankom Technology 2000. Los AGVs se determinaron de acuerdo con la metodología descrita por Ryan (1980), usando un cromatógrafo de gases. La proteína cruda se determinó mediante análisis elemental de Nitrógeno usando un analizador elemental (Leco Corporation).

4.7.4 Procesamiento de información

Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS (2009)

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RESULTADOS

5.1.1 Producción de gas

En la Tabla 2, se observa que el volumen acumulado de gas de las (Vfi) mostró diferencia ($P < .0001$) entre tratamientos, al obtener la menor producción de gas en la dieta con TPE: Tratamiento con plátano *Musa balbisiana*, más complejo enzimático fibrolítico (265.53 mL/0.5g MS) en comparación con el tratamiento testigo TP: Tratamiento con plátano *Musa balbisiana* (300.05 mL/0.5g MS). En cuanto al tiempo de colonización (B) mostró diferencias ($P < .0001$) entre tratamientos, obteniendo los menores valores en las dietas con TPS: Tratamiento con plátano *Musa balbisiana* más levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y TPES: Tratamiento con plátano *Musa balbisiana* más complejo de enzimas fibrolíticas más levaduras *Saccharomyces cerevisiae*. La tasa constante de producción de gas (C), mostró diferencias ($P < .0001$) entre los tratamientos siendo el valor más bajo para la dieta con TO y TOE con respecto a las demás dietas.

La producción de metano (Vfi) fue menor ($P = 0.0001$) en el tratamiento TO (36.3 ml/0.500g MS Fermentable). El mayor ($P = 0.0004$) tiempo de colonización (B) se observó en TOES (91h) y la mayor ($P = 0.0001$) tasa constante de producción de metano fue observada en TOE (4.4 %h). La menor ($P = 0.0001$) producción de CO₂ (Vfi) se observó en TOE (71 mL/0.500 gMS Fermentable). Mientras que mayor ($P = 0.0001$) tiempo de colonización fue observado en TOS (58h). Con respecto a la tasa constante de producción de CO₂ fue mayor ($P = 0.0001$) en TGS (7.7%h) (Tabla 2).

5.1.2 pH y Digestibilidad in vitro de la MS y MO

En la Tabla 3, se observa que el pH muestra diferencias ($P < .0001$) entre tratamientos, presentando el valor óptimo para la dieta con TOES en las diferentes horas (7.38-6.84). Con respecto a la digestibilidad in vitro de la MS y MO mostró diferencias ($P < .0001$ y $P < .0001$ respectivamente) entre tratamientos, observándose una mayor digestibilidad (456.03 g/Kg MS y MO 451.92 g/Kg) en la dieta con TPS: Dieta con plátano *Musa balbisiana* más levaduras *Saccharomyces cerevisiae*. Con respecto a los Ácidos grasos volátiles no se observó diferencias entre los tratamientos evaluados ($P > 0.05$)

TABLA 2. Cinética de producción de gas, CH₄, CO₂ *in vitro* de *Musa acuminata*, *Musa balbisiana*, *Musa paradisiaca* sin y con aditivos (enzimas fibróticas exógenas y *S. cerevisiae*)

Tratamientos	Producción de gas			Producción de metano			Producción de CO ₂		
	Vfi	B	C	Vfi	B	C	Vfi	B	C
TO	329.3cde	47.2c	0.017d	36.3d	44.7b	4.1ab	82.1cde	34.1abcd	1.4cd
TOE	403.4b	58.4a	0.017d	58.3bcd	40.8b	4.4a	71.3de	22.7cde	1.3cd
TOS	310.1def	45.0c	0.020cd	69.8bc	56.7ab	1.7d	63.7e	58.1a	1.5cd
TOES	350.7c	45.3c	0.018d	81.2b	91.8a	1.8d	79.0de	54.4ab	1.5cd
TP	300.0efg	41.0cd	0.019cd	78.0b	73.6ab	2.0cd	72.5de	41.0abcd	3.4b
TPE	265.5g	36.3d	0.018cd	45.1cd	59.4ab	2.7bcd	98.1cd	39.0abcd	0.9d
TPS	286.9fg	23.3e	0.023bc	78.2b	71.0ab	2.6bcd	73.1de	43.6abc	3.7b
TPES	300.9efg	23.4e	0.027ab	83.7b	55.6ab	1.8d	88.2cde	33.1abcd	1.3cd
TG	334.0cde	24.2e	0.027ab	51.2bcd	48.5b	3.0abcd	165.5b	17.2de	2.6bcd
TGE	345.6cd	28.3e	0.029a	60.3bcd	44.1b	3.5abc	89.5cde	36.6abcd	1.1d
TGS	389.5b	35.2d	0.028ab	78.0b	47.4b	3.0abcd	349.8a	4.6e	7.7a
TGES	502.6a	52.4ab	0.023bc	123.8a	63.0ab	2.1cd	111.5c	31.8bcd	2.9
EEM	8.0436	1.4067	0.0010	6.80	7.73	0.33	6.75	5.33	0.37
Valor P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0004	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

^{a,b,c,d,e,f,g} Medias dentro de una columna seguida por la misma letra no son significativamente diferentes en P=0.05. TO: *Musa acuminata* sin aditivo, TOE; *Musa acuminata* con enzima, TOS; *Musa acuminata* con *S. cerevisiae*, TOES; *Musa acuminata* con enzima+ *S. cerevisiae*, TP; *Musa balbisiana* sin aditivo, TPE; *Musa balbisiana* con enzimas, TPS; *Musa balbisiana* con *S. cerevisiae*, TPES; *Musa balbisiana* con enzima + *S. cerevisiae*, TG; *Musa paradisiaca* sin aditivo, TGE; *Musa paradisiaca* con enzimas, TGS; *Musa paradisiaca* con *S. cerevisiae*, TGES; *Musa paradisiaca* con enzima + *S. cerevisiae*. EEM: error estándar de la media. Vif: Volumen acumulado de gas (mL gas, CH₄ o CO₂/0.5g MS Fermentable). B: Tiempo de colonización (h), C: Tasa constante de producción de gas (%h).

TABLA 3. Parámetros de la fermentación ruminal de *Musa acuminata*, *Musa balbisiana*, *Musa paradisiaca* sin y con aditivos (enzimas fibróticas exógenas y *S. cerevisiae*)

Tratamientos	pH a diferentes horas					Digestibilidad (g/kg)		Ácidos Grasos Volátiles (mol/100mol)			
	2	4	8	12	24	MS	MO	C2	C3	C4	C2/C3
TO	6.92de	7.23 ^a	7.44 ^a	7.21cde	7.42a	389.3abc	364.6abc	71.3	18.3	10.4	3.9
TOE	6.92de	7.19abc	7.27abc	7.16def	7.60a	329.9cd	316.8bc	69.5	20.4	10.1	3.4
TOS	6.92de	7.05bcde	7.06cde	7.12efg	7.46a	397.4abc	346.2abc	70.5	19.2	10.3	3.7
TOES	6.84e	7.01cde	6.97de	7.02fgh	7.38a	386.5abc	349.3abc	69.7	19.2	11.1	3.6
TP	7.18a	7.29 ^a	7.32ab	7.42ab	7.64a	387.9abc	438.6ab	71.8	18.2	10.0	3.9
TPE	7.07b	7.27ab	7.19bcd	7.47a	7.53a	442.4ab	398.0ab	71.8	18.6	9.6	3.9
TPS	7.03bc	7.12abcd	7.14bcde	7.33bc	7.55a	456.0a	451.9a	72.2	19.3	8.5	3.7
TPES	6.97cd	7.06abcde	7.12bcde	7.28cd	7.59a	409.6ab	400.5ab	72.5	18.4	9.1	3.9
TG	6.92de	6.98cde	7.12bcde	6.97h	7.54a	391.3abc	371.5abc	69.3	19.5	11.2	3.6
TGE	6.91de	6.84e	6.97de	6.97h	7.54a	369.9bc	355.9abc	70.0	19.1	10.9	3.7
TGS	6.90de	6.93de	6.95e	6.98hg	7.33a	335.9cd	318.5bc	71.7	18.7	9.6	3.8
TGES	6.90de	6.92de	6.97de	6.95h	7.52a	272.7d	248.5d	70.4	18.9	10.7	3.7
EEM	0.018	0.047	0.047	0.029	0.076	15.15	27.19	8.58	5.92	3.54	0.62
Valor P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.1705	<.0001	0.0001	0.2451	0.1842	0.0872	0.0629

^{a,b,c,d,e,f,g,h} Medias dentro de una columna seguida por la misma letra no son significativamente diferentes en P<0.05. TO: *Musa acuminata* sin aditivo, TOE; *Musa acuminata* con enzima, TOS; *Musa acuminata* con *S. cerevisiae*, TOES; *Musa acuminata* con enzima+ *S. cerevisiae*, TP; *Musa balbisiana* sin aditivo, TPE; *Musa balbisiana* con enzimas, TPS; *Musa balbisiana* con *S. cerevisiae*, TPES; *Musa balbisiana* con enzima + *S. cerevisiae*, TG; *Musa paradisiaca* sin aditivo, TGE; *Musa paradisiaca* con enzimas, TGS; *Musa paradisiaca* con *S. cerevisiae*, TGES; *Musa paradisiaca* con enzima + *S. cerevisiae*. C2; Ácido Acético, C3; Ácido Propiónico, C4; Ácido Butírico, Ratio; C2/C3, EEM: error estándar de la media.

5.2 DISCUSIÓN

5.2.1 Producción de gas

En la presente investigación al adicionar el complejo enzimático y las levaduras en los forrajes de *Musas* spp. muestran un efecto positivo disminuyendo la producción de gas, metano y CO₂ ruminal. En cuanto al efecto encontrado en la dieta con plátano *Musa balbisiana* más complejo enzimático fibrolítico se dio debido probablemente a la presencia de compuestos secundarios como taninos y fenoles totales como menciona Wischer et al., (2013); sin embargo, un estudio realizado por Goel & Makkar, (2012) refiere que los niveles de tanino condensado en las fibras se establecieron en un rango de 7.1 y 5.5 (*Musas*), siendo la característica principal de los taninos de formar complejos reversibles en conjunto con las proteínas y los carbohidratos, colaborando en disminuir la degradabilidad de algunos nutrientes de la dieta, inhibiendo la actividad enzimática dentro del rumen, (Jurkovich et al., 2006) de esta manera reduciendo las poblaciones de microorganismos como protozoarios o bacterias celulolíticas y en consecuencia disminuyendo la producción de metano. Estos resultados son consistentes a lo mencionado por Rodríguez et al., (2014). No obstante, el efecto que se registra entre la dieta y la adición del complejo enzimático puede deberse a los compuestos activos que se encuentran en las *Musas* como es el caso de los terpenoides que inhibe su acción sobre el crecimiento de bacterias metanogénicas (Delaquis, Stanich, Girard, & Mazza, 2001). Además, Calsamiglia et al., (2007) manifiestan que la biohidrogenización de los ácidos grasos insaturados, reduce la proporción de acetato e incrementa el propionato al disminuir la metanogénesis.

5.2.2 Digestibilidad de nutrientes *in vitro* y pH

La mejor digestibilidad se observó en la dieta TPS: Dieta con plátano *Musa balbisiana* más *Saccharomyces cerevisiae* a dosis de (0.001 mg/0.50g MS), este resultado se dio posiblemente a los efectos positivos que se produjo al adicionar la levadura sobre la digestibilidad del alimento como lo describe El-waziry (2007) que posiblemente sea por dos razones, una reduciendo la degradación de las proteínas en

el rumen, al impedir la proliferación de bacterias productoras de nitrógeno amoniacal o proteolíticas y otra; inhibiendo la degradación de carbohidratos e inhibiendo los microorganismos amilolíticos, favoreciendo la absorción de nutrientes en el intestino. No obstante, Kozloski et al., (2012) mencionan que las altas concentraciones de taninos condensados (TC) afectan marcadamente la digestibilidad de los nutrientes disminuyendo la producción de gases de efecto invernadero y manteniendo inalterable los ácidos grasos volátiles. Datos consistentes a los reportados por Barros-Rodríguez et al. (2015)

El pH ruminal más óptimo se registró en Dieta con TOES: Dieta orito *Musa paradisiaca* más complejo de enzimas fibrolíticas y levaduras: *Saccharomyces cerevisiae* probablemente este resultado se debe a que el forraje fibroso estimula rumia produciéndose bicarbonato (HCO_3) y fosfato (HPO_4), interviniendo como sustancia tampón en la actividad ruminal y de esta manera manteniendo un pH óptimo para el desarrollo de microorganismos como bacterias celulolíticas, hemicelulolíticas, protozoos; entre otros. Sin embargo, Sanmartín, (2018) describe que, la adición de enzimas fibrolíticas exógenas, favorecen a la degradación proteica en el rumen. Aunado a lo anterior, Colombatto, Mould, Bhat, & Owen, (2007) mencionan que la actividad enzimática tiene mayor acción en un medio neutro tanto en dietas es altas en fibra o dietas ricas en carbohidratos estructurales.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de esta investigación, se puede concluir que la adición de *Saccharomyces cerevisiae* (0.002 mg/kgMS) y complejo de enzimas fibrolíticas exógeno (0.002 mg/kgMS) mantiene un correcto pH ruminal para la proliferación de bacterias entéricas, mejora la digestibilidad y disminuye la emisión de gases de efecto invernadero como metano y CO₂

6.2 REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- Allen, M. S. (1997). in the Rumen and the Requirement for Physically Effective Fiber. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1447–1462. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76074-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76074-0)
- Apráez, J. E., Delgado, J. M., & Narváez, J. P. (2012). The carbon balance of terrestrial ecosystems. *Irrd*, 24(20), 8.
- Arcos García, J. ., Castrejóna, F. ., Mendoza, G. ., & Pérez Gavilána, E. . (2000). Effect of two commercial yeast cultures with *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. *Science Direct*, 63(2), 153–157. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00116-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00116-5)
- Armando, J., Cárdenas, B., & Lemus, C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático . *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(2), 215–246.
- Barros-Rodríguez, M. A., Solorio-Sánchez, F. J., Sandoval-Castro, C. A., Klieve, A., Rojas-Herrera, R. A., Briceño-Poot, E. G., & Ku-Vera, J. C. (2015). Rumen function in vivo and in vitro in sheep fed *Leucaena leucocephala*. *Tropical Animal Health and Production*, 47(4), 757–764. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0790-y>
- Calsamiglia, S., Busquet, P., Cardozo, L., & Ferret, A. (2007). Essential Oils as

- Modifiers of Rumen Microbial Fermentation. *Dairy Science*, 90(6), 2580–95.
- Carmona, J., Bolívar, D., & Giraldo, L. (2009). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombian Journal of animal science and Veterinary Medicine)*, 18(1), 49–63.
- Carvajal, T. (2017). Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical, 1(1), 2.
- Castillo, J., Olivera, M., & Carulla, J. (2013). Biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados. *Biochemistry mechanism of polyunsaturated fatty Acid ruminal biohydrogenation*, 459–468.
- Colombatto, D., Mould, F., Bhat, M. K., & Owen, E. (2007). Influence of exogenous fibrolytic enzyme level and incubation pH on the in vitro ruminal fermentation of alfalfa stems. *Animal Feed Science and Technology*, 137, 150–162.
- Cruz, M., & Sánchez, J. (2000). Alimentacion en ganado bovino efecto de dietas altas en fibra. *Ucr.ac.cr*, 6(1), 74.
- Delaquis, P., Stanich, K., Girard, B., & Mazza, G. (2001). Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill , cilantro , coriander and eucalyptus essential oils. . *International Journal of Food Microbiology*, 74, 101–109.
- Delgado, C., Rosegrant, M., Steinfeld, H., Ehui, S., & Cour, C. (1999). The next food revolution. *SILDALC*, 30(1), 27–29.
<https://doi.org/10.5367/000000001101293427>
- Duchi, N. (2005). *Oferta Tecnologica Para Cadenas Agroalimentarias* - Google Libros.
- El-waziry, A. (2007). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* of Yeast on Fiber Digestion in Sheep Fed Berseem (*Trifolium alexandrinum*) Hay and cellulase activity. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(4), 379–385.
- Elghandour, M. M. M. Y., Kholif, A. E., Márquez-Molina, O., Vázquez-Armijo, J. F., Puniya, A. K., & Salem, A. Z. M. (2015). Influence of individual or mixed cellulase and xylanase mixture on in vitro rumen gas production kinetics of total

- mixed rations with different maize silage and concentrate ratios. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39(4), 435–442. <https://doi.org/10.3906/vet-1410-26>
- Garcia, M., Castrejona, A., Mendoza, P., Perez, D., Eficiencia energética y sustentabilidad en ganadería doble propósito. Universidad Autónoma del estado de México. 4(15), 53-70
- Goel, G., & Makkar, H. P. S. (2012). Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins body weight gross energy. *Tropical Animal Health and Production*, 44(4), 729–739. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9966-2>
- Grijalva, J., Espinosa, F., Producción y utilización de pastizales en la región interandina del Ecuador. 1(2), 28-44
- Groote, H, Friesen, D. Breeding and disseminating quality protein maize monobasic ecuation, (QPM) for Africa. *African J. Biotechnol.* 2007, 6 (4), 312–324.
- Haddad, S. G., & Goussous, S. N. (2005). Effect of yeast culture supplementation on nutrient intake, digestibility and growth performance of awassi lambs. *Animal feed science and technology*, 118, 343–348. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.10.003>
- Haro, R. (2003). Informe sobre recursos zoogenéticos Ecuador. *Fao*, 33.
- Hoover, W., Stokes, S. (1991). Balancing Carbohydrates and proteins for optimum. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3630–3644. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78553-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78553-6)
- Ibrahim, M., Villanueva, C., & Casasola, F. (2007). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centro América, 15(Kaimowitz 2001), 88.
- INIAP. (2017). Alternativas tecnológicas para el manejo de ganadería intensiva, 1(1), 1.
- Jayanegara, A., Leiber, F., & Kreuzer, M. (2012). Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*,

96(3), 365–375.

Jiménez, L. S., Mezquida, E. T., Benito, M., & Rubio, A. (2008). Tropicales y pastizales de uso ganadero, *245*, 241–245.

Jordán B., F. (2003). Reforma Agraria en el Ecuador, *5*(1), 317.

Jorge Grijalva, Francisco Espinosa, M. H. (1995). Produccion y utilizacion de pastizales en la region interandina del ecuador. quito: diciembre.

Juan, C., Diana, M., & Luis, A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, *18*(1), 49–63.

Jurkovich, V., Kutasi, J., Fébel, H., Reiczigel, J., Brydl, E., Könyves, L., & Rafai, P. (2006). Rumen fermentation response to a direct-fed xylanase enzyme preparation from *Thermomyces lanuginosus* in sheep. *Acta Vet Hung*, *54*(3), 333–342.

Kashiwase, Kouji. (2015). Evading the sign problem in the mean-field approximation through Lefschetz-thimble path integral. *APS Physics*. 101701(4), 91.

Kauppi, P., Kurz, W., Phillips, O., & Shvidenko, A. (2013). Inventory of US greenhouse gas emissions and sinks. *Environmental Protection*, (5), 12–23.

Kayouli, C., & Stephen, L. (2001). Ensilaje de subproductos agricolas como opcion para pequeños campesinos. In *Casa del Libro* (p. 185).

Kim, F., Aguolar, J., Jaen, J., Vargas, A., Jimenes, P Extracción y evaluación de taninos condensados a partir de la corteza de once especies maderables de Costa Rica, *TCE*, *4*(5), 4

Kozloski, G., Härter, C., Hentz, F., Ávila, S., Orlandi, T., & Stefanello, C. (2012). Intake, digestibility and nutrients supply to wethers fed ryegrass and intraruminally infused with levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. *Small Ruminant Research*, *106*(2–3), 125–130.

Lema, E., & Cacuango, G. V. (2012). Crecimiento y desarrollo de ovinos corriedale estabulados utilizando tres mezclas forrajeras al corte, en el sector de Peguche del Cantón Otavalo.

- Mancera, J., Demares, A., & Echeverry, J. (1997). Extracción de taninos en dos variedades de plátano (*Musa AAB Simmonds, Clones harton Y Dominico*) y evaluación de su calidad para el curtido de pieles. *Bdigital*, 27(1–4), 105–117. <https://doi.org/0120-2812>.
- Mendoza, G. D., Loera-Corral, O., Plata-Pérez, F. X., Hernández-García, P. A., & Ramírez-Mella, M. (2014). Considerations on the use of exogenous fibrolytic enzymes to improve forage utilization. *The ScientificWorld Journal 3 Organicmatter*, 2014(1), 9. <https://doi.org/10.1155/2014/247437>
- Menke, K., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28(1), 7-55.
- Mestanza J, B. V. (2015). Producción de carne de res en la region Costa. *Redalyc*, 1(1), 1.
- Nkrumah, J. D., Okine, E. K., Mathison, G. W., Schmid, K., Li, C., Basarab, J. A., ... Moore, S. S. (2014). Relationships of feedlot feed efficiency , performance , and feeding behavior with metabolic rate , methane production , and energy partitioning in beef cattle. *Department of Agricultural, food and nutritional Science*, 1=84(1), 145–153. <https://doi.org/https://doi.org/10.2527/2006.841145x>
- Ortega, E., Rodriguez, A., Arturo, D., & Zambrano, A. (2010). Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta Agronómica*, 59(1), 111–118. <https://doi.org/10.15446/acag>
- Paladines, O. (1992). Metodología de pastizales: para trabajar en fincas y proyectos de desarrollo agropecuario. (1st ed.). Quito, Ecuador.
- Quesada-Solís, K., Alvarado-Aguilar, P., Sibaja-Ballester, R., José, & Vega-Baudrit. (2005). Utilización de las fibras del rastrojo de piña (*Ananas comusus*, variedad champaka) como material de refuerzo en resinas de poliéster., 6(2), 157–179.
- Rios J. (2007). Ganadería de doble propósito, 15(1), 277.
- Riquelme N, B. N. (2012). Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador. *Redalyc*, 15(1), 55–68.

- Rodríguez, R., González, N., Ramírez, A., Gómez, S., Moreira, O., Sarduy, L., & Medina, Y. (2014). Tannins of Tropical Shrub-like Legumes: Their Effect on Protein Protection of Soybean Meal. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(3), 247–252.
- Rojo, R., Kholif, A., Salem, M., Elghandour, Y., & Odongo, E. (2015). Influence of cellulase addition to dairy goat diets on digestion and fermentation, milk production and fatty acid content. *Agricultural Science*, 153(8), 1514–1523.
- Salem, A. Z. M., Hassan, A. A., Khalil, M. S., Gado, H. M., Alsersy, H., & Simbaya, J. (2012). Effects of sun-drying and exogenous enzymes on nutrients intake, digestibility and nitrogen utilization in sheep fed *Atriplex halimus* foliages. *Animal Feed Science and Technology*, 171(2–4), 128–135.
- Sanchez, M. (1998). Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. *Fao*, 1(2), 3.
- Sanmartin, D., (2018). Efecto de enzimas fibrolíticas exógenas en dietas altas en fibra sobre la función ruminal in vivo e in vitro en ovinos. Repositorio UTA.P31
- Silva Christian. (2016). Impacto en el medio ambiente de las actividades Agropecuarias en el Cantón el Empalme, Ecuador. *Caribeña de Ciencias Sociales*.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & De Haan, C. (2006). Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options. *FAO* <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/A0701E/A0701E00.pdf>, 1–377. <https://doi.org/10.1007/s10666-008-9149-3>
- Terranova, M., Campos, R., & Sánchez-Guerrero, H. (2014). Tropical and Subtropical Agroecosystems and effect on the ecosystem. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Ccba, 17, 489–499.
- Theodorou, M. K., WilliamS, B. A., Dhanoa, M. S., Mcallan, A. B., & France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48, 185–197.

- Torres, Y., Rivas, J., Pablos-heredero, C. De, Perea, J., & Toro-, P. (2014). Identificación e implementación de paquetes tecnológicos en ganadería vacuna de doble propósito . Caso Manabí-Ecuador Identification and implementation of technological packages for dual purpose cattle . A case study of Manabí-Ecuador, *5*(4), 393–407.
- Velásquez, A. (2004). Extracción de taninos presentes en el banano verde. *Lasallista de Investigacion*, *1*(2), 17–22. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10567/274>
- Vera, J., Smith, D., ZoBell, A., Young, A., & Eun, J. (2012). Effects of an exogenous proteolytic enzyme on growth performance of beef steers and in vitro ruminal fermentation in continuous cultures. *Science Direct*, *28*(4), 452–463. [https://doi.org/https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30385-5](https://doi.org/https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30385-5)
- Wischer, G., Boguhn, J., Steinga, H., Schollenberger, M., & Rodehutschord, M. (2013). Effects of Different Tannin-Rich Extracts and Rapeseed Tannin Monomers on Methane Formation and Microbial Protein Synthesis in Vitro. *Animal feed science and technology*, *7*(11), 1796–1805. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001481>

6.3 ANEXOS

ANEXO 1. PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMA



ANEXO 2. PREPARACIÓN DE SALIVA ARTIFICIAL



ANEXO 3. EXTRACCIÓN DE LIQUIDO RUMINAL



ANEXO 4. PRODUCCIÓN DE GAS



CAPITULO VII

PROPUESTA

7.1 DATOS INFORMATIVOS

Tema: Recomendar el uso de *Musas*: *Musa paradisiaca*, *Musa balbisiana* y *Musa acuminata* con adición de levaduras *Saccharomyces cerevisia* y complejo de enzimas fibrolíticas exógeno con dosis superiores (2g/kg).

7.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Según Rios J, (2007), manifiesta que actualmente la ciencia y tecnología ha puesto énfasis en descubrir alternativas como subproductos agrícolas para la alimentación de ganado en las regiones tropicales y sub tropicales; y así salir de la alimentación tradicional. Actualmente en el Ecuador al usar sistemas de explotación, como: la intensiva y semi-intensiva siendo este el más mencionado, donde el ganado consume la vegetación del medio con el propósito de aprovechar los recursos naturales, no casi siempre se aprovecha sus bondades como menciona Lema, E., & Cacuango, (2012) ya que al existir alimentos altos en fibra, estos contienen compuestos (taninos y terpenos) restringen sus beneficios al adherirse a la pared de la fibra e impidiendo ser aprovechados de mejor manera.

Como Calsamiglia et al., (2007) mencionan que entre las alternativas para modular la población ruminal y la fermentación se han registrados estudios usando ácidos orgánicos, extractos de plantas, probióticos enzimas entre otros, los cuales han disminuido la emisión de metano entérico y han mejorado la cinética ruminal.

La inclusión de enzimas fibrolíticas exógenas ayuda a mejorar la degradación de la pared de la fibra (celulosa, hemicelulosa y lignina) provocando mayores sustratos

para la población microbiana ruminal (Jurkovich et al., 2006), mejorando la actividad fermentativa ruminal (Rojo, Kholif, Salem, Elghandour, & Odongo, 2015). Del producto de la degradación de la pared de la fibra se obtiene energía que es destinada para la producción de leche y carne respectivamente a partir de ácidos grasos (Salem et al., 2012) y de esta manera mitigar considerablemente el efecto invernadero

7.3 JUSTIFICACIÓN

La producción bobina en la actualidad ha venido incrementando y las áreas de cultivos disminuyendo, es por ello que al tener al grano como materia prima de elección la necesidad de encontrar alternativas en la nutrición bovina ha direccionado a buscar alimentos no tradicionales usando aditivos que ayuden a potencializar sus propiedades y reducir efectos negativos al medio ambiente asociados a la alimentación animal evitando o reduciendo el daño a los recursos renovables.

En Ecuador se ha registrado gran cantidad de subproductos agrícolas, los cuales por desconocimiento se desaprovecha su potencial por el sector ganadero, ya que al utilizar alternativas no convencionales es casi mínima el impacto al planeta; además que no compite con la alimentación humana

El propósito de esta investigación es evaluar el efecto de la adición de levaduras *Saccharomyces cerevisia* y complejo de enzimas fibrolíticas exógeno con dosis superiores (2g/kg) sobre *Musas*: *Musa paradisiaca*, *Musa balbisiana* y *Musa acuminata*, con el propósito de mejorar su valor nutricional, cuya adición mejorara la economía del ganadero, además de mitigar la contaminación ambiental.

7.4 OBJETIVOS

7.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas a dosis superiores a (2g/kg) en tres especies de *Musas spp.*(*Musa paradisiaca*, *Musa balbisiana* y *Musa Acuminata*)

7.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas en las hojas de *Musa paradisiaca*, *Musa balbisiana* y *Musa Acuminata* sobre la proporción de ácidos grasos volátiles, nitrógeno amoniacal y pH del rumen *in vitro*.
- Evaluar el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas en las hojas de *Musa paradisiaca*, *Musa balbisiana* y *Musa Acuminata* sobre la producción de dióxido de carbono y metano entérico *in vitro*.
- Establecer la relación costo beneficio de la inclusión de las enzimas fibrolíticas exógenas en dietas altas en fibra.

7.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Este proyecto se lo considera realmente factible tanto económico, social y ambiental al proyectar usar subproductos agrícolas, teniendo en cuenta que estos no representa ningún beneficio para el agricultor a más de ser incorporado como materia orgánica al suelo, una opción sería de incluirlos en la nutrición animal adicionando *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas.

7.6 FUNDAMENTACIÓN

La necesidad de perfeccionar la producción ganadera y disminuir el impacto al medio ambiente la investigación ha puesto énfasis en buscar alternativas para la alimentación bovina y sin dejar residuos en el producto final como leche y carne que atenten con la salud humana, la utilización subproductos agrícolas como alimentación no convencional, es una alternativa ya que al tener compuestos

secundarios más la adición de aditivos que potencializan sus características nutricionales, por otro lado hay que tener en cuenta que la demanda subproductos de origen animal ha venido incrementando gracias a la creciente de la urbe es por ello que es necesario desarrollar tecnologías que garanticen la seguridad alimentaria de la población en cantidad y calidad.

7.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

- La preparación de la dieta se inició con el secado y molida de la materia prima hojas de *Musas spp.*
- Inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas fibrolíticas exógenas.
- Evaluación de digestibilidad de Materia seca y Materia orgánica.
- Determinación de fermentación ruminal y producción de gas.

7.8 ADMINISTRACIÓN

La administración de esta investigación estará a cargo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato.

7.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Se recomienda realizar la evaluación del proyecto para que los resultados sean confiables, y los mismos publicados en beneficio de los productores de nuestro país.