



UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

FERMENTACIÓN *IN VITRO* DE UNA DIETA PARA OVINOS CON LA ADICIÓN DE ARBUSTIVAS Y ACEITE DE PESCADO EN LA PRODUCCIÓN DE METANO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA

PRESENTA

OMAYRA JANETH RAMIREZ CORTES

DIRECTOR

DR. SERAFÍN JACOBO LÓPEZ GARRIDO

PUERTO ESCONDIDO, OAXACA 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad del Mar, por darme la oportunidad de ser parte de su sistema de enseñanza.

Al Doctor Serafín Jacobo López Garrido, su persistencia, orientación, paciencia y motivación han sido fundamentales para lograr mi formación. Por haber compartido conmigo sus conocimientos y dedicación en la tesis.

Al Doctor Jaime Arroyo Ledezma por sus conocimientos, consejos, confianza, paciencia y su apoyo para la revisión de dicha tesis.

Al Maestro Eliud Flores Morales por su apoyo a lo largo de toda la carrera y sus observaciones en la revisión de esta tesis.

Al Doctor Narciso Ysac Áviles Serrano por su apoyo para la revisión de dicha tesis.

A la Doctora Mónica Marcela Galicia por sus observaciones en la revisión de dicha tesis

A la Maestra Julieta Karina Cruz Vásquez por todo su apoyo, consejos y enseñanza durante y después de la carrera.

A todos mis profesores que contribuyeron a mi formación académica.

A mis compañeros de generación Miriam, Maura, Sandra, Adelina y Leo, por su amistad y apoyo a largo de la carrera.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis:

A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban. Por su infinito amor y todas las bendiciones que me ha dado.

A mi hermosa hija por ser el motivo y el impulso para culminar mi carrera, por ser mi tranquilidad en momentos tan tristes y difíciles, pero también por ser mi mayor alegría.

A mi esposo, por su apoyo incondicional en todo momento, por todo su amor, paciencia y hacerme tan feliz.

A mis padres, por su apoyo, amor y paciencia. Por creer en mí, y dejar todo para cumplir mis objetivos. Por luchar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis suegros, por su apoyo y cariño que me han demostrado, por sus consejos de vida para nunca mirar hacia atrás, por enseñarme que con amor todo se puede lograr.

A mi abuela por su gran amor, sus palabras de sabiduría y heredarme el amor más grande: el de Dios.

CONTENIDO

Contenido	Página
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Alimentación de ovinos en México	3
Alimentación de ovinos en el trópico	4
Problemática de los Gases de Efecto Invernadero.....	5
Protocolo de Montreal y de Kyoto	6
Gramíneas utilizadas en la alimentación de rumiantes	7
Pasto King grass cultivar CT-115 (<i>Pennisetum purpureum</i> . Híbrido)	7
Arbustivas tropicales utilizadas en la alimentación animal	8
Características nutricionales de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	9
Características nutricionales de <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.....	10
Características nutricionales de <i>Guazuma ulmifolia</i> (Lam.).....	11
Microorganismos del rumen.....	12
Archeas metanogénicas ruminales.....	13
Protozoarios del rumen	14
Fermentación y degradación ruminal de los alimentos.....	15
Ácidos Grasos Volátiles	16
Producción de metano en rumiantes.....	16
Estrategias para disminuir las emisiones de metano en rumiantes	17
Uso de lípidos para reducir la producción de metano	19
Aceite de pescado.....	21
Uso de arbustivas forrajeras	22
Métodos para medir las emisiones de metano	22
Determinación de la Digestibilidad <i>in vitro</i>	22
OBJETIVOS.....	24
Objetivo general	24

Objetivos Específicos.....	24
HIPÓTESIS.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
Localización geográfica	26
Colecta y procesamiento de material biológico.....	26
Tratamientos experimentales	26
Inoculo.....	27
Determinación de la producción de gas <i>in vitro</i>	28
Biodigestores y trampas de gas	29
Variables a evaluar	30
Producción de biogás (dióxido de carbono y metano) en volumen por desplazamiento	30
Determinación de la concentración de ácidos grasos volátiles.....	30
Concentración de bacterias totales.....	30
Concentración de protozoarios	31
Concentración de bacterias ruminales celulolíticas.....	31
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	32
Análisis de los datos	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
CONCLUSIONES.....	52
LITERATURA CONSULTADA	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutricional de <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	11
Cuadro 2. Composición de los tratamientos experimentales (g/100 g MS)	27
Cuadro 3. Componentes del medio de cultivo para bacterias ruminales totales a base de glucosa, celobiosa y almidón más fluido ruminal (GCA-FR).....	28
Cuadro 4. Componentes del medio de cultivo para bacterias ruminales celulolíticas.....	32
Cuadro 5. Desplazamiento de biogás total en trampas de solución ácida (mL/g MS)	34
Cuadro 6. Producción de biogas total en trampas de solución salina ácida (mL g ⁻¹ MS) a las 72 h de incubación mediante fermentación <i>in vitro</i>	36
Cuadro 7. Concentración de bacterias totales (10 ⁹ mL ⁻¹) a diferentes tiempos de incubación durante la fermentación ruminal <i>in vitro</i>	38
Cuadro 8. Concentración acumulada de bacterias totales (10 ⁹ mL ⁻¹) a las 72 h de incubación durante la fermentación ruminal <i>in vitro</i>	40
Cuadro 9. Concentración de protozoarios en diferentes tiempos de incubación (10 ⁶ mL ⁻¹) durante la fermentación ruminal <i>in vitro</i>	40
Cuadro 10. Concentración acumulada de protozoarios (10 ⁶ mL ⁻¹), a las 72 horas de incubación durante la fermentación ruminal <i>in vitro</i>	42
Cuadro 11. Concentración de bacterias celulolíticas (10 ⁵ mL ⁻¹) a 72 horas de incubación durante la fermentación ruminal <i>in vitro</i>	44
Cuadro 12. Digestibilidad <i>in vitro</i> (%) de la materia seca (DIVMS) a 72 horas de incubación durante la fermentación ruminal <i>in vitro</i>	45
Cuadro 13. Concentración de ácidos grasos volátiles (mmolL ⁻¹) a 72 horas de incubación durante la fermentación ruminal <i>in vitro</i>	47
Cuadro 14. Producción de metano (CH ₄) y dióxido de carbono (CO ₂) (%) a 72 h de incubación durante la fermentación ruminal <i>in vitro</i>	49

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar mediante la técnica de producción de gas *in vitro* la adición de arbustivas (*Leucaena leucocephala*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Guazuma ulmifolia*), aceite de pescado y alimento concentrado, en la fermentación *in vitro* de una dieta a base de forraje King grass CT-115; se evaluó la concentración de bacterias totales, bacterias celulolíticas, protozoarios, producción de CH₄, CO₂, AGV, y DIVMS. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con cinco tratamientos, y 3 repeticiones por tratamiento quedando de la siguiente manera: T1= 66.68% de pasto King grass CT-115 + 25.15% de alimento concentrado comercial + 8.16% de melaza, T2= 77.46% de pasto King grass CT-115 + 7.86% de *Enterolobium cyclocarpum* + 14.69% de melaza, T3= 73.13% de pasto King grass CT-115 + 9.32% de *Guazuma ulmifolia*+ 17.55% de melaza, T4= 81.19% de pasto King grass CT-115 + 2.9% de *Leucaena leucocephala* + 15.91% de melaza, T5= 69.86% de pasto King grass CT-115 + 23.86% de alimento concentrado comercial + 6% de aceite de pescado + 0.28% de urea. Las dietas fueron isoproteínicas con 9.1% de PC, e isoenergéticas con 2.5 Mcal EM/ kg de MS. La mayor producción de CH₄ (P≤ 0.05), se presentó en el T2, acompañado de un aumento en la concentración de AGV (P≤0.05), en contraste *Leucaena leucocephala* disminuyó la producción de metano y redujo la población de bacterias totales. Mientras que el aceite de pescado también redujo la producción de metano sin afectar la DIVMS. No se observó efecto (P≥0.05) sobre la población de protozoarios al adicionar las distintas arbustivas y aceite de pescado, por el contrario bacterias celulolíticas si presento diferencias significativas (P≤0.05). El tratamiento al que se le adicionó 6% de aceite de pescado (T5), presentó una disminución en la producción de metano; un aumento en la concentración de propionato y registro una disminución de la concentración de acetato.

Palabras clave: fermentación, ovinos, king grass, aceite de pescado, metano.

ABSTRACT

The purpose of the present study is to evaluate the technique of *in vitro* gas production adding shrubs (*Leucaena leucocephala*, *Enterolobium cyclocarpum* and *Guazuma ulmifolia*), fish oil and feed concentrate, *in vitro* fermentation of a diet of King grass CT- 115 forage; concentration of total bacteria, cellulolytic bacteria, protozoa, production of CH₄, CO₂, VFA, and IVDMD were evaluated. A completely randomized design was utilized, with five treatments and three replicates per treatment. replicates per treatment, which were as follows: T1= 66.68% of King grass CT-115 forage + 25.15% of commercial food + 8.16 % of molasses, T2= 77.46% of King grass CT-115 forage + 7.86% of *Enterolobium cyclocarpum* + 14.69% of molasses, T3= 73.13% of King grass CT-115 forage + 9.32% of *Guazuma ulmifolia* + 17.55% of molasses, T4= 81.19% of King grass CT-115 forage + 2.9% of *Leucaena leucocephala* + 15.91% of molasses, T5= 69.86% of King grass CT-115 forage + 23.86% of commercial concentrate food + 6% of fish oil + 0.28% of urea. Diets were isoproteinic with 9.1% CP. Diets were isoproteinic with 9.1% CP, and isocaloric with 2.5 Mcal ME/kg DM, which contained King grass CT- 115 pasture, commercial feed, *Enterolobium cyclocarpum*, *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala*, fish oil, molasses and urea. The increased production of CH₄ ($P \leq 0.05$), was presented at the T2, accompanied by an increase in the concentration of VFA ($P \leq 0.05$). In contrast, *Leucaena leucocephala* decreased methane production and reduced the total bacterial population. While fish oil also reduced the production of methane without affecting the IVDMD, no effect ($P \geq 0.05$) on the population of protozoa was observed when adding the various shrubs and fish oil but in contrast, cellulolytic bacteria presented significant differences ($P \leq 0.05$). It can be concluded that treatment with added 6% fish oil (T5), presented a decrease in the production of methane, an increase in the concentration of propionate and registered a decrease in the concentration of acetate.

Keywords: fermentation, sheep, King grass, fish oil, methane.