

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



**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) EN LA
DIETA DE OVINOS SOBRE LA FERMENTACIÓN RUMINAL Y
PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO***

Trabajo de investigación previo a la obtención del grado de:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

Autora:

Sonia Nataly Guamaní Toapanta

Tutor:

Ing. Marcos A. Barros Rodríguez, Ph.D

Ambato-Tungurahua-Ecuador-2018

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

"La suscrita, SONIA NATALY GUAMANÍ TOAPANTA, portadora de la cédula de identidad número: 180479106-7, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: "**EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) EN LA DIETA DE OVINOS SOBRE LA FERMENTACIÓN RUMINAL Y PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO***", es original, auténtico 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.

Sonia Nataly Guamaní Toapanta

C.C: 180479106-7

DERECHOS DE AUTOR

“Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: **"EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) EN LA DIETA DE OVINOS SOBRE LA FERMENTACIÓN RUMINAL Y PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO*"** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Médico Veterinario Zootecnista, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté 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 este Informe Final, o de parte de él”.

Sonia Nataly Guamanì Toapanta

C.C: 180479106-7

**"EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) EN LA
DIETA DE OVINOS SOBRE LA FERMENTACIÓN RUMINAL Y
PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO*"**

REVISADO POR:

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

Dr. Roberto Almeida
ASESOR DE BIOMETRIA

Dr. Gerardo Kelly
ASESOR DE REDACCIÓN TÉCNICA

AGRADECIMIENTO

Agradezco primordialmente a Dios por darme la vida y salud para poder culminar con una meta más en mi vida. A mi hermano y cuñada por su apoyo constante tanto económico como moral, ya que gracias a ellos he logrado terminar mi carrera profesional.

A todos los docentes que laboran en esta prestigiosa Universidad quienes me impartieron sus conocimientos y me guiaron con sus consejos. De manera especial a mi tutor, redactor y biometrista que estuvieron hasta el final ayudándome en la realización del presente proyecto de investigación.

A mis amigos/as, compañeros/as, que me brindaron su sincera amistad y con los cuales hemos compartido momentos inolvidables dentro y fuera de las aulas.

A toda mi familia y conocidos que me motivaron a seguir adelante pese a los obstáculos que se me presentaron en la vida.

GRACIAS

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mis padres que, a pesar de no tenerlos a mi lado siempre me enviaron sus bendiciones desde el cielo y me dieron fuerzas para salir adelante, sé que estarán muy contentos y orgullosos de mí ya que he cumplido con su sueño, ser una profesional.

A mi hija que es el motor de mi vida, la inspiración más grande que he tenido y por la cual me he esforzado días y noches para lograr esta meta que será el principio de muchas Dios mediante.

A mi hermano quien me tuvo paciencia y me ayudó siempre, cumpliendo así con la última voluntad de mi madre.

A mi cuñada quien es como una madre, hermana, amiga, confidente, gracias a sus sabios consejos y a su apoyo incondicional he logrado cumplir mi sueño.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO	3
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	3
2.2. CATEGORÌAS FUNDAMENTALES.....	6
2.2.1. Sacha inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	6
2.2.2. Producción de gas <i>in vitro</i>	9
2.2.3. Producción ovina	12
CAPÍTULO III	17
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	17
3.1. HIPÓTESIS	17
3.2. OBJETIVOS.....	17
3.2.1. Objetivo General.....	17
3.2.2. Objetivos Específicos	17
CAPITULO IV	18
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	18
4.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	18
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	18
4.3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.3.1. Materiales.....	18
4.3.2. Equipos	19
4.3.3. Reactivos.....	19
4.4. FACTORES EN ESTUDIO	19
4.5. TRATAMIENTOS.....	20
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	21

4.7. VARIABLES RESPUESTA	22
4.7.1 Producción de gas, metano y CO ₂ <i>in vitro</i>	22
4.7.2. Digestibilidad <i>in vitro</i>	22
4.7.3. pH ruminal	23
4.8. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	23
CAPITULO V	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
5.1. RESULTADOS	24
5.1.1. Producción de gas, metano y CO ₂ <i>in vitro</i>	24
5.1.2. pH y Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS y MO	24
5.2. DISCUSIÓN.....	27
5.2.1. Producción de gas, metano y CO ₂ <i>in vitro</i>	27
5.2.2. pH y Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS y MO	28
CAPÍTULO VI	29
CONCLUSIÓN, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	29
6.1. Conclusiones	29
6.2. Bibliografía.....	30
6.3. Anexos.....	32
CAPÍTULO VII	35
PROPUESTA	35
7.1. Datos Informativos	35
7.2 Antecedentes de la Propuesta	35
7.3 Justificación.....	35
7.4 Objetivos	36
7.4.1 Objetivo General.....	36
7.4.2 Objetivos Específicos	36
7.5 Análisis de Factibilidad	36

7.6 Fundamentación	37
7.7 Metodología, Modelo Operativo	37
7.8 Administración	37
7.9 Previsión de la Evaluación	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del Sacha inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	7
Tabla 2. Composición química de la semilla de Sacha inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	8
Tabla 3. Perfil de ácidos grasos del aceite de Sacha inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>).....	9
Tabla 4. Descripción de la clasificación taxonómica del ovino	13
Tabla 5. Distribución de los tratamientos y repeticiones	20
Tabla 6. Composición en (g MS) de las diferentes dietas que se utilizaron en la fase experimental.....	21
Tabla 7. Parámetros <i>in vitro</i> de producción de gas, CH ₄ y CO ₂ (ml/0.5g MSF) como efecto de la adición de sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>) en la dieta de los ovinos.....	25
Tabla 8. pH Ruminal, Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca y materia orgánica (MS y MO) como efecto de la adición de sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>) en la dieta de ovinos.....	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Elaboración del aceite de sachá inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	32
Anexo 2. Preparación de dietas.....	32
Anexo 3. Producción de gas <i>in vitro</i>	33

RESUMEN

El objetivo de este proyecto de investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de ovinos sobre las funciones del rumen y la producción de gases de efecto invernadero. Esta investigación se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias-UTA. Se evaluó la producción *in vitro* de gas, metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y pH ruminal. Así como también la digestibilidad *in vitro* de materia seca (MS) y materia orgánica (MO). Se realizaron dietas cubriendo los requerimientos nutricionales de los ovinos según el AFRC 1993, con diferentes niveles de inclusión de sachá inchi obteniendo ocho tratamientos: T1: dieta testigo (0% sachá inchi), T2: dieta con sachá inchi almendra 10%, T3: dieta con sachá inchi almendra 20%, T4: dieta con sachá inchi completo 10%, T5: dieta con sachá inchi completo 20%, T6: dieta con aceite de sachá inchi 2%, T7: dieta con aceite de sachá inchi 4%, T8: dieta con aceite de sachá inchi 6%. En la producción de gas metano y CO₂ *in vitro* se observó la menor producción en T2 y T4. El pH ruminal no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos. Sin embargo, la digestibilidad *in vitro* de la MS y MO mostró diferencias ($P = 0.0109$ y $P = 0.0117$ respectivamente) entre tratamientos, observándose una mayor digestibilidad tanto de MS como MO en T2 y T4 con respecto a los demás tratamientos. Bajo las condiciones de este estudio se concluyó que la adición de sachá inchi almendra y completo a un 10% a la dieta de ovinos favoreció a la disminución de gases de efecto invernadero, debido principalmente al contenido de aceites esenciales que posee ésta semilla, los mismos que afectan a la producción de metano por diversos mecanismos, incluyendo la biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados, el aumento en la producción de ácido propiónico y la inhibición de bacterias productoras de nitrógeno amoniacal y algunos protozoos.

Palabras claves: sachá inchi (*Plukenetia volubilis*), digestibilidad *in vitro*, pH, metano, biohidrogenación.

SUMMARY

The objective of this research project was to evaluate the effect of the inclusion of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) in the diet of sheep on the functions of the rumen and the production of greenhouse gases. This research was carried out in the laboratories of the Faculty of Agricultural Sciences-UTA. The *in vitro* production of methane gas (CH₄), carbon dioxide (CO₂) and ruminal pH was evaluated. As well as the *in vitro* digestibility of dry matter (MS) and organic matter (MO). Diets were made covering the nutritional requirements of the sheep according to the AFRC 1993, with different levels of inclusion of sacha inchi obtaining eight treatments: T1: control diet (0% sacha inchi), T2: diet with sacha inchi almond 10%, T3: diet with sacha inchi almond 20%, T4: diet with sacha inchi complete 10%, T5: diet with sacha inchi full 20%, T6: diet with sacha inchi oil 2%, T7: diet with sacha inchi oil 4%, T8: diet with sacha inchi oil 6%. In the production of gas, methane and CO₂ *in vitro*, the lowest production in T2 and T4 was observed. The ruminal pH did not show significant differences ($P > 0.05$) among the treatments. However, the *in vitro* digestibility of MS and MO showed differences ($P = 0.0109$ and $P = 0.0117$ respectively) between treatments, observing a greater digestibility of MS and MO in T2 and T4 with respect to to the other treatments. Under the conditions of this study it was concluded that the addition of sacha inchi almond and 10% complete to the sheep diet favored the reduction of greenhouse gases, mainly due to the content of essential oils possessed by this seed, the same that affect the production of methane by various mechanisms, including the biohydrogenation of unsaturated fatty acids, the increase in the production of propionic acid and the inhibition of bacteria producing ammonia nitrogen and some protozoa.

Key words: sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), *in vitro* digestibility, pH, methane, biohydrogenation.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La ganadería ovina siempre ha sido para la humanidad, uno de los animales más cotizados por la utilidad que presta como alimento cárnico sano especialmente Lema & Cacuango (2012). Además, el requerimiento y el alza de precio de esta carne favorecieron para que se intensificara la crianza de ovinos en el país Delgado et al (2010). Sin embargo, la producción ovina en nuestro país está básicamente destinada a sistemas de producción semi-intensiva y extensiva, por lo tanto, el cuidado nutricional y productivo que se da a los ovinos es deficiente Herrera, Jordán, & Senra (2010). Para ello se han desarrollado métodos para mejorar la productividad ovina, entre los que destaca el mejoramiento alimenticio, a través del cual se puede cubrir las necesidades nutricionales mediante la elaboración de piensos a base de granos de leguminosas o mediante la inclusión de plantas endémicas en las dietas forrajeras (Calderón, 2017).

Con la creciente preocupación por el cambio climático, se intensifican las investigaciones en este ámbito, en el que los rumiantes domésticos tienen un papel importante ya que son el principal contribuyente a la producción antropogénica de gases de efecto invernadero Cárdenas & Flores (2013). El gas metano que generan los rumiantes aporta al calentamiento global, afectando al medio ambiente y con esto a los sistemas de producción agropecuaria, además la energía alimenticia transformada en gas metano es desaprovechada por el animal, por tal motivo es importante plantear alternativas que disminuyan estas emisiones, mejoren las condiciones de los sistemas productivos ganaderos e intenten reducir los efectos en la contaminación medioambiental Beauchemin et al. (2007). Muchas investigaciones se concentran en la adición de metabolitos secundarios de plantas para minimizar la producción de metano, los tres principales compuestos secundarios de plantas que parecen ser eficaces en la reducción de metano mediante producción *in vitro* son: saponinas, aceites esenciales y taninos condensados (Rira et al. 2015).

Ante esta realidad la utilización del sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) o maní de los Incas puede ser una alternativa en la nutrición ovina, al constituir una de las fuentes vegetales

más grandes de Omega, un ácido graso esencial para la vida. Esta especie es muy reconocida por sus semillas con alto contenido de proteínas ($29,6 \pm 0,5\%$) y su aceite rico en ácidos grasos omega 3 (más de 48%), omega 6 (36%) y omega 9 (8%) Alayón et al (2017). Además, el aceite contiene antioxidantes y ácidos grasos poliinsaturados con elevado potencial agro tecnológico y aplicaciones en las industrias alimentarias humanas y animales. Luego de la extracción del aceite por medio de solventes o prensado queda un residuo (torta) que es rico en proteínas ($59,0 \pm 0,7\%$) de alto valor nutricional Ruiz, Díaz, Anaya, & Rojas (2013). Además, su digestibilidad es muy alta (más de 96%), contiene vitamina A, vitamina E, tocoferoles y es muy rica en aminoácidos esenciales y no esenciales (Manco & Cespedes 2006).

Con estas consideraciones el objetivo de este trabajo de investigación es evaluar el efecto de la inclusión de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de ovinos sobre las funciones del rumen y la producción de gases de efecto invernadero.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) fue evaluada como fuente alternativa y proteica en la alimentación de pollos de engorde y gallinas de postura. Para lo cual se realizaron 4 tratamientos (0, 20, 30, 40% de torta de sachá inchi). Obteniendo como resultados que con ningún nivel de sachá inchi incluido en la dieta se consiguió una buena performance en los pollos de engorde. Sin embargo, en las gallinas de postura, se logró algo de producción de huevos y ganancia de peso con el T1 (20% de sachá inchi) pero no fue significativo. Mientras que, con los niveles más altos (30 y 40%) no hubo ganancia de peso significativo ni producción de huevos. En base a esto, se puede indicar que el empleo de torta de sachá inchi en la ración alimenticia del pollo de engorde influye negativamente en la ganancia de peso y conversión alimenticia (Reátegui et al. 2010).

Vélez, (2013) analizó bromatológicamente la harina de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) con el propósito de conocer su composición nutricional y explorar si se puede considerar como posible reemplazo de la torta de soya. Como resultado, se encontró que el nivel de proteína de la harina de sachá inchi (45%) es muy similar al reportado por la torta de soya (46%) y los aminoácidos de mayor impacto en nutrición animal como: lisina, metionina y treonina, presentaron valores para la harina de sachá inchi de 2%, 2% y 1.82% respectivamente, mientras que la torta de soya reporta 2.89%, 0,65% y 1,87% respectivamente. Por lo cual, se puede concluir que la harina de sachá inchi si puede reemplazar parcial o totalmente a la torta de soya como fuente de proteína en nutrición animal, pero se recomienda seguir estudiándola para descartar algunos factores que puedan afectar su uso.

Hazen & Stoewesand (2012), utilizaron la harina de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la alimentación de pollos broiler para sustituir parcialmente a la torta de soya. Para lo que se formuló cuatro dietas con el 0, 5, 10 y 15% de sachá inchi. Los parámetros productivos fueron estadísticamente superiores ($P < 0.01$) en pollos broiler que consumieron dietas con el 10 % de sachá inchi. En conclusión, se puede considerar a la harina de sachá inchi como

un sustituto parcial de la torta de soya, al mantener un buen comportamiento productivo y fisiológico en pollos broiler.

Betancourth (2013), analizó la composición fisicoquímica de la torta de sachá inchi, para lo cual realizó un método para extraer el aceite residual de la misma, con el fin de proponer una alternativa de valorización de este residuo. Del análisis de la torta obtenida después del proceso de extracción del aceite de sachá inchi por método de prensado en frío. Se obtuvo que contiene alta cantidad de proteína (59.1%) y grasa (6.93%) en base seca. De lo cual se concluye que, debido a la alta cantidad de proteína presente en la torta residual de sachá inchi, en comparación al porcentaje de proteína de la torta de soya (46%), pueden buscarse alternativas para su aprovechamiento después de la extracción total de su aceite, como su uso en la elaboración de concentrados para animales.

Muirragui, (2013) realizó un estudio para determinar si el uso de la pasta de sachá inchi, produce beneficios nutricionales para el sector avícola. Para lo cual se compararon tres dietas: A (con 25% de pasta de soya), B (con 25% de pasta cruda de sachá inchi) y C (con 25% de pasta tostada de sachá inchi). Como resultado se encontró que el consumo de la dieta C, fue mayor que el de la dieta B, pero inferior a la de la dieta A. Al encontrar respuestas diferentes entre las dos pastas de sachá inchi estudiadas, es decir la cruda y la tostada, se pudo concluir que la pasta de sachá inchi cruda no es palatable, ni una materia prima apta para la formulación de alimentos balanceados, mientras que la pasta tostada de sachá inchi si es viable, siendo ésta más palatable para las aves.

Se estudió el efecto de la adición del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de reproductoras pesadas, sobre los parámetros productivos de su progenie. Para lo cual se utilizaron 720 pollos machos de la línea Cobb, procedentes de reproductoras alimentadas con una misma dieta pero con diferentes fuentes de grasa: T0 con grasa convencional y T1 con 5% de aceite sachá inchi. A los 42 días de edad, la inclusión de aceite de sachá inchi en la dieta mostró un efecto positivo, pero no significativo, en el comportamiento productivo de la progenie. Sin embargo, se incrementó el nivel de inmunidad pasiva contra el virus de la enfermedad de Newcastle y en forma no significativa contra los virus de Gumboro y Bronquitis infecciosa (Carcelén et al. 2011).

Guevara et al. (2009), determinaron los parámetros productivos de cuyes con el uso de dietas suplementadas con aceite de pescado y semilla de sachu inchi. Para esto se utilizaron 48 cuyes machos, que fueron asignados al azar a 4 tratamientos con 3 repeticiones (pozas) de 4 cuyes cada una. Los tratamientos fueron: T0: Control, T1: Dieta suplementada con 1.0% de aceite de pescado; T2: Dieta suplementada con 4.0% de semilla de sachu inchi; y T3: Dieta suplementada con 1.0% de aceite de pescado + 4.0% de semilla de sachu inchi. El promedio de ganancia de peso individual en las 4 semanas varió entre 315 y 353 g por tratamiento, el consumo varió entre 1172 y 1224 g de materia seca, la conversión alimenticia varió entre 3.53 y 3.73 y el rendimiento de carcasa varió entre 69.4 y 71.7%, sin diferencia estadística entre tratamientos. Esto permite concluir que las ganancias de peso y las conversiones alimenticias alcanzadas en este experimento son señales de un comportamiento productivo eficiente y comparable a lo que se logra en las granjas comerciales de cuyes, con la ventaja de que la carne de cuy contiene ácidos grasos omega-3 para beneficio de la salud de los consumidores.

En este proyecto de investigación se determinó los efectos de la torta de sachu inchi (TSI) en diferentes niveles de la ración de pollos sobre el perfil bioquímico sanguíneo, consumo de alimento, conversión alimenticia, ganancia de peso, peso relativo de órganos e histología del hígado. Para esto se utilizaron 150 pollos los cuales fueron divididos en 3 tratamientos (T1, T2 y T3). El T1 fue alimentado con 0%, el T2 con 7% y el T3 con 14% de TSI. Las muestras de sangre fueron obtenidas a los 2, 12, 21 y 48 días de edad. Los perfiles bioquímicos sanguíneos bajo efecto de la TSI fueron: 27.38 ± 0.38 , 30.00 ± 0.38 y 29.56 ± 0.45 de hematocrito (%); 2.86 ± 0.10 , 104.51 ± 2.44 , 92.74 ± 1.96 y 92.53 ± 2.29 de AST (UI/L); 30.81 ± 3.32 , 17.82 ± 0.66 y 20.95 ± 0.62 de ALT (UI/L) para T1, T2 y T3 respectivamente. Los niveles de TSI en la dieta no mostraron efecto ($p > 0.05$) sobre los perfiles de hemoglobina, albúmina y proteína sérica mientras que, en los niveles de hematocrito, AST y ALT si tuvo efecto ($p < 0.05$). Una vez obtenidos los resultados se concluyó que los niveles de TSI no mostraron efecto sobre los perfiles de hemoglobina, albúmina, proteína sérica de los pollos. Los niveles de hematocrito, AST y ALT si se vieron afectados. Se observó un efecto adverso sobre el consumo de alimento, conversión alimenticia y ganancia de peso, mas no hubo efecto sobre el peso relativo de los órganos estudiados (Burgos et al. 2012).

Alayón & Jiménez (2016) realizaron un estudio en ratones de la cepa Nish, sometidos a una dieta balanceada y dosis crecientes de aceite de sacha inchi, en la cual reportaron una dosis letal DL50 de 111,65 mL/kg de peso. La mortalidad, en dosis mayor a 64 mL/ kg peso, fue dosis dependiente y se relacionó con disminución de peso y diarrea. En ratas macho Holtzman, por su parte, utilizando dosis repetidas por 60 días, se mostró que la ingesta de aceite de sacha inchi es inocua en esas condiciones, con una DL50 mayor a 37 g/kg de peso corporal, lo cual muestra la seguridad de su consumo en esta especie.

Ríos, Henríquez, & Huamán (2012) compararon los efectos hipotrigliceridemiantes entre gemfibrozilo y aceite de sacha inchi en *Rattus rattus var albinus*, para lo cual utilizaron 36 especímenes, los cuales fueron divididos al azar en 2 grupos experimentales (GE1 y GE2) y un grupo control (GC). Fueron sometidos a etapa de acondicionamiento con una alimentación rica en grasa por 2 semanas; posteriormente se administró aceite de sacha inchi y gemfibrozilo a GE1 y GE2, respectivamente. Se midieron los niveles de triglicéridos séricos en etapa basal, post-alimentación rica en grasa y tratamiento a 1 y 2 semanas. En los resultados se obtuvo una disminución de niveles de triglicéridos séricos en GE1, GE2 y GC a dos semanas de tratamiento, de 45,57 %; 44,83 % y 27,24 % respectivamente. Por lo que se puede concluir que el aceite de Sacha inchi demostró efectos hipotrigliceridemiantes, con eficacia similar al gemfibrozilo, en *Rattus rattus var albinus*, a una y dos semanas de tratamiento.

2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.2.1. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)

Sacha inchi, conocido también con el nombre de maní del inca, maní del monte, maní silvestre, sacha yuchi, sacha yuchiqui, sacha inchik. Su nombre deriva de dos palabras quechuas: “sacha” que significa silvestre e “inchi” cuyo término hace referencia al maní del monte Alayón & Jiménez (2016). Es una leguminosa que crece en las zonas más bajas de los Andes de Sudamérica, es considerada como la más completa oleaginosa pues su semilla es rica en aminoácidos esenciales y no esenciales (Peñaherrera 2015).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malpighiales
Familia	Euphorbiaceae
Gènero	<i>Plukenetia</i>
Especie	<i>P. volubilis</i>

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 2014.

- **Propiedades de la semilla**

Las semillas de Sacha inchi son una buena fuente de aceite (35-60%) y proteínas (27%) y contienen sustancias termolábiles con un sabor amargo. Presenta otros compuestos bioactivos, como los tocoferoles (c –y d-tocopherols), fitoesteroles (b-sitosterol y stigmasterol), los principales minerales presentes fueron el potasio, magnesio y calcio. Un análisis de ácidos grasos reveló el (50,8%) de a-linolénico, (33,4%) ácido linoleico éstos principalmente en mayor cantidad, mientras que otros ácidos como el oleico, palmítico y esteárico, también están presentes en proporciones menores. Además, el perfil de aminoácidos de la semilla de Sacha inchi mostró un nivel relativamente alto de cisteína, tirosina, treonina y triptófano, en comparación con otras semillas oleaginosas (Fanali et al.2011).

Tabla 2. Composición química de la semilla de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)

Componente	Valor
Humedad (%)	4,2± 0,2
Proteína (%)	29,6 ± 0,5
Fibra (%)	6,6 ± 0,7
Cenizas (%)	2,7 ± 0,2
Carbohidratos totales (%)	12,1 ±1,3
Potasio (mg / kg)	5563,5± 6,4
Magnesio (mg / kg)	3210,0 ± 21,2
Calcio (mg / kg)	2406,0 ± 7,1
Hierro (mg / kg)	103,5 ± 8,9
Zinc (mg / kg)	49,0 ± 1,1
Sodio (mg / kg)	15,4 ± 0,5

Fuente: Gutiérrez et al, 2011

- **Propiedades del aceite**

En comparación a los aceites de todas las semillas oleaginosas utilizadas en el mundo, el aceite de Sacha Inchi es el más rico en ácidos grasos polinsaturados, en promedio está compuesto de: (48,60%) de ácido graso esencial alfa linolenico Omega 3; (36,80%) de ácido graso esencial linoleico Omega 6 y (8,28%) de ácido oleico Omega 9. Y tiene el más bajo contenido de ácidos grasos saturados 6,39% en promedio: (3,85%) de palmítico y (2,54%) de esteárico. Además, su digestibilidad es muy alta (más de 96%), contiene antioxidantes vitamina A y alfa-tocoferol vitamina E. Muy rica en aminoácidos esenciales y no esenciales, en cantidades suficientes para la salud. Por su naturaleza, por la tecnología utilizada aplicada para los cultivos ecológicos y su proceso industrial de extracción, es un aceite de alta calidad para la alimentación y la salud animal. Es el mejor aceite para consumo humano doméstico, industrial, cosmético y medicinal; superando a todos los aceites utilizados actualmente, como los aceites de oliva, girasol, soya, maíz, palma, maní, etc (Cisneros, Paredes, Arana, & Cisneros 2014)

Tabla 3. Perfil de ácidos grasos del aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)

Ácidos grasos	Composición relativa %
Palmítico	3,60
Estearico	2,90
Oleico	8,50
Linoleico	33,90
Linolénico	50,20
Eicosenoico	0,32
Colesterol	0,20
24-Methylene colesterol	0,08
Campesterol	6,10
Campestanol	0,40
Estigmasterol	27,10
Cholesterol	0,70
β-Sitosterol	56,40
Sitostanol	0,80

Fuente: Castaño et al, (2012)

2.2.2. Producción de gas *in vitro*

La industria animal es emisor de gases efecto invernadero (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso) Hristov et al. (2013) produciendo 50 l/d de metano en el ovino, siendo inerte tanto para la flora como para el individuo, y es excretado tanto en el eructo como en el aire expirado. Estos gases se derivan naturalmente del proceso digestivo, pero constituye una pérdida de energía Beauchemin et al. (2007). Varios factores intervienen para la producción de gas efecto invernadero como el tipo de animal, alimentación recibida, composición y digestibilidad de la dieta, procesamiento previo al alimento, frecuencia de alimentación, los sistemas de producción utilizados.

Este proceso es responsable del 60% de la producción total de metano (por fermentación entérica 36.2% y descomposición del estiércol 23,8%). Cifra preocupante debido al poder de calentamiento global (PRG) del metano, que además posee gran poder de captación de radiación (21 veces superior a CO₂ que tiene solo 1), y su vida media en la atmósfera de 10-20 años, CO₂ (50-200 años) óxido nitroso (100-150 años) (Van Soest, 1994), poniendo énfasis en la reducción de metano por el corto tiempo empleado en la reducción del efecto invernadero considerando las fuentes renovables de C (producidos por combustión aerobia de animales), donde se elimina el C fijado por fotosíntesis a partir de CO₂ atmosférico y por la conversión de CO₂ en metano entérico en los procesos fermentativos microbianos (Armando, Cárdenas, & Lemus, 2013).

Los factores que determinan la producción de metano en el aparato digestivo (ligados al animal) por especie, tamaño, situación de la zona fermentativa, mecanismos de retención del alimento (volumen y localización del rumen, y resistencia del omaso donde no permite la entrada de partículas gruesas de alimento), el 80% de materia orgánica (fracción fibrosa y contenido celular) es fermentada en el rumen (NRC, 2001). La producción diaria de metano varía linealmente con el peso del animal expresado sobre peso metabólico (Lara y Londoño, 2008). Del total de metano entérico producido por los rumiantes el 30% corresponde a la producción ovina (Puchala et al. 2005).

Así, se busca estrategias para mitigar las emisiones de metano, entre ellas está la manipulación nutricional para suprimir la metanogénesis, en la cual incluye el uso de forrajes de alta calidad o la modificación de las prácticas de alimentación y suplementación a dietas basadas en pajas (Eggleston et al. 2006), logrando modificar la fermentación ruminal inhibiendo directamente los metanogénicos y protozoarios, o desviando los iones hidrógeno de los metanogénicos. Se estima una producción de CH₄ entérico de 20,9 g de CH₄/kg de MS consumida, en la cual se hace referencia a que la producción de metano está en relación al consumo de MS. En otras investigaciones también se manifiesta que la producción de metano se incrementó a medida que aumentó la digestibilidad aparente de la dieta.

- **Patrón de fermentación ruminal**

Los azúcares sencillos producidos en la primera fase de la digestión de los hidratos de carbono en el rumen, son recogidos y metabolizados por los microorganismos, donde las rutas seguidas son similares a las utilizadas por el animal. Así el ácido pirúvico que es un intermediario común de la degradación de los carbohidratos en el rumen, y del cual parten las rutas metabólicas que conducen hasta cada uno de los AGV, que son los ácidos acéticos, propiónico y butírico, dióxido de carbono y metano, dependen de la población microbiana y/o ración. Las rutas del succinato se siguen cuando las raciones están formadas principalmente por alimentos groseros fibrosos. Los forrajes fibrosos maduros originan mezclas de AGV que contienen una elevada porción (cerca del 70%) de ácido acético. Dentro de este proceso se produce una hidrólisis de los carbohidratos de los alimentos, para continuar con el proceso fermentativo, donde actúan las enzimas de los microorganismos ruminales, capaces de hidrolizar carbohidratos de reserva (almidones) e hidratos de carbono estructurales que forman parte de la pared celular (fracción fibrosa). El resultado son azúcares constituyentes de los polisacáridos. La hidrólisis de hemicelulosa, pectinas y fructanos dan lugar a la formación de pentosas, ácidos urónicos o fructosa, este proceso se dificulta por la lignificación de la fibra, donde la actuación de los microorganismos dependerá también del tiempo empleado en la digestión, como tamaño y composición de la población ruminal, más la capacidad de estos para degradar carbohidratos estructurales como la celulosa, hemicelulosa y compuestos tóxicos; en este proceso se originan ácidos grasos volátiles (AGV), células microbianas, gases metano y dióxido de carbono, calor, crecimiento y proliferación de los microorganismos. Estableciéndose así grandes grupos en función al tipo de sustrato que fermentan (aminolíticos, celulolíticos, metanogénicos (anaerobios estrictos)). Los AGV y los microorganismos son nutrientes o fuentes de nutrientes disponibles para el animal. El crecimiento tanto de protozoarios y bacterias se estimula o inhibe en función al sustrato fermentado y de las condiciones del medio. Tanto de acidez, y velocidad de renovación. Después de este proceso quedan expuestos a las enzimas digestivas. Los gases se eliminan por eructación, y los ácidos grasos volátiles se absorben en su mayor parte a través de la pared ruminal. Las células microbianas, pasan al abomaso e intestino delgado, acompañando a los componentes de los alimentos no degradados, allí son digeridas por

las enzimas digestivas. En el intestino grueso se da una segunda fase de digestión microbiana. Los ácidos grasos volátiles producidos en el intestino grueso también se absorben, pero las células microbianas se excretan en las heces. El pH ruminal se mantiene entre 5,5 y 6,5 tanto por fosfatos y bicarbonatos de la saliva. En los rumiantes la mayor parte de los carbohidratos se degradan en el rumen hasta los ácidos acético, propiónico y butírico, con pequeñas cantidades de ácidos de cadena ramificada y ácidos volátiles superiores. Al atravesar la pared ruminal el ácido butírico se transforma llegando a la sangre portal como ácido B-hidroxibutírico (BHBA). El ácido acético y BHBA abandonan el hígado y por sangre sistémica, alcanzan los distintos órganos y tejidos, donde se utilizan como fuente de energía y ácidos grasos. El ácido propiónico se convierte en glucosa en el hígado, incorporándose en el pool de glucosa. (Tiwari et al. 2000)

- **pH ruminal**

El pH del rumen es un parámetro fisicoquímico esencial en la digestión y la nutrición del rumiante. El pH ruminal puede variar en un rango entre 5.0 y 7.2 dependiendo del tipo de dieta y el manejo alimentario. En la alimentación de rumiantes con raciones con alto contenido de concentrado en relación al forraje existe disminución de pH del contenido ruminal, dada por la mayor velocidad de fermentación del concentrado y por la disminución del poder tampón asociado al consumo de forraje de forma directa (capacidad buffer de las pectinas o la lignina) o indirecta (rumia ingresa saliva al rumen de tampón fosfato y bicarbonato), la acidificación de pH disminuye la densidad de flora celulolíticas y aumento de la flora amilolítica, consecuentemente se reduce la digestión de fibra y se altera el tipo de fermentación hacia la formación de menor cantidad de ácido acético y mayor ácido propiónico (Albores et al., 2017).

2.2.3. Producción ovina

La producción ovina en la actualidad es deficiente, debido a la falta de asesoramiento de la crianza ovina, además que se ha desplazado su producción a los páramos andinos donde los pastos no son de buena calidad. Por lo tanto, se ve reflejado en la baja productividad Haro (2003). Se estima que para el año 2025 la población humana se incrementará en un 60% generando una mayor demanda de alimentos, la producción actual de origen animal deberá incrementarse el 18 % en la carne bovina; 45 % la de ovinos, caprinos, y porcinos;

68 % aves y 45 % la producción de leche Delgado et al. (1999). En Ecuador INEC (2016) menciona que el número existente de cabezas ovinas es un total de 478 miles de animales en el ámbito nacional. Destacándose en la región Sierra, las provincias de Cotopaxi con 193.608, Chimborazo con 293.512, Azuay con 79.518 animales, en la región costa sobresale la provincia del Guayas con 8.971 animales.

Tabla 4. Descripción de la clasificación taxonómica del ovino

Reino	Animal
Phylum	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Artiodactyla
Familia	Bovidae
Género	Ovis
Especie	<i>O. orientalis</i>
Subespecie	<i>O. aries</i>

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 2014

- **Requerimientos nutricionales en los ovinos**

Dentro de los requerimientos, las necesidades de mantenimiento y producción son las que cubren el adecuado funcionamiento de los diferentes estados fisiológicos (reproducción, crecimiento, etc.) y productivos (ceba, lactancia, etc.). Estos requerimientos en los rumiantes se satisfacen por dos fuentes: a) proteína de origen microbiano que está disponible a nivel post-ruminal y b) proteína de la dieta que escapa de la digestión ruminal, pero es digerida en el intestino delgado. La proteína de sobrepaso puede provenir del forraje o del suplemento, y normalmente se conoce como proteína no degradable (PN). Las necesidades nutritivas están en función de la especie y la clase de animales, así, se considerará las necesidades energéticas diarias de los animales en MJ o ME, y las necesidades de proteína en g de MP por día. Por tal motivo, se establece estas necesidades de acuerdo a las recomendadas las mismas que se definen en función del peso vivo, estado de carnes, sin que se encuentren afectadas por la raza de la oveja o el entorno. De este modo las necesidades de ME y MP para mantenimiento de corderos enteros estabulados

de ceba que tienen un peso vivo de 20 Kg, con un incremento de peso vivo de 50 y 100 g/d, es de 4,8 a 5,3 (MJ/d) como aporte de ME; para MP se requiere 49 y 64 (g/d); con una ingesta de materia seca de 0,4 a 0,6 Kg/día, cuando la dieta aporta con un rango de 0,53 a 0,69 de metabolibilidad de la energía bruta de la ración a nivel de mantenimiento y desde 10 a 13 MJ/Kg MS, estos requerimientos se han calculado mediante ecuaciones, que permiten obtener los requerimientos específicos sobre las necesidades de ME (MJ/d) y MP (g/d) para mantenimiento y producción, estos cálculos mantienen un margen de seguridad del 5% ((Steinfeld et al., 2006).

- **Alimentación con productos convencionales y no convencionales**

Diversos autores señalan que la energía no aprovechada debido a la producción y eliminación de gas metano se debe a muchos factores. Estos incluyen: cantidad y tipo de alimento, manipulación de la fermentación ruminal, adición de lípidos, tipo de carbohidrato en la dieta y procesamiento de los forrajes. Estos factores se convierten por tanto en factores alternativos para la disminución de la metanogénesis.

Johnson (1995) demostró que la adición de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga disminuye la metanogénesis porque se convierte en una alternativa metabólica para el hidrógeno. Sin embargo, la cantidad total de hidrógeno usado en los procesos de biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados endógenos es pequeña (1%) comparado con el que es usado para la reducción de CO₂ a metano (48%), la síntesis de AGV (33%) y la síntesis bacteriana (12%). Dohme et al (2014) igualmente señalan que grasas con altas cantidades de ácidos grasos de cadena media pueden ser efectivos en la reducción de metano y de las poblaciones protozoales. Una proporción de bacterias metanógenas es endo y ectosimbióticas con los protozoos. Por lo tanto, la reducción del número de protozoos aparentemente contribuye a una declinación en la población de metanógenas, además se supone que la toxicidad de algunos ácidos grasos de cadena larga y media sobre las bacterias metanógenas también tiene un gran efecto.

La adición de ionóforos, particularmente la monensina, puede reducir el consumo de alimento entre un 5-6%, disminuir la relación acetato:propionato y disminuir las emisiones de metano. Moss et al. (2012), indican que la reducción en la producción de metano en animales suplementados con ionóforos es probable que se relacione con la reducción en

el consumo de alimento (cuando es de alta calidad), debido al incremento en la eficiencia fermentativa y no por un efecto directo en las poblaciones metanógenas. En este sentido Van soest (2013) señala que los ionóforos no son inhibidores directos de las bacterias metanógenas. Estos, lo que hacen es restringir la producción de hidrógeno y por ende la formación de metano. Los verdaderos inhibidores incluyen los alógeno-metanos y metilderivados.

El principal componente en la producción de metano es el tipo de carbohidrato y la tasa de fermentación. El tipo de carbohidrato fermentado afecta la producción de metano probablemente a través de impactos en el pH y la población microbial. Así, la fermentación de los carbohidratos fibrosos producen una alta relación de acetato:propionato y una alta producción de metano. Pero dependiendo de la tasa de degradación de la fibra y del consumo relacionado, la producción de metano varia. Este aspecto se evidencia en algunos subproductos de destilería que tienen buena cantidad de fibra, pero de buena digestibilidad, resultando en disminuciones en la producción de metano. Dicho esto, Moss et al. (2012) indican que con dietas altas en almidón se favorece la producción de propionato y se disminuye la relación metano/materia orgánica fermentada en el rumen. El efecto de estas dietas sobre el pH ruminal puede explicar la disminución en las emisiones de metano. Chandramoni et al. (2006) señalan que hay menos producciones de metano con dietas ricas en almidones que con dietas donde la fibra es preponderante. Igualmente, Johnson (2003) indica que se da una disminución en la producción de metano cuando se incrementa el consumo de fuentes energéticas. Altas fermentaciones propiogénicas (indicativas de reducciones de metano) son comunes a los sistemas de alimentación donde se suministran altas cantidades de concentrados.

La opción de reducción de emisiones de metano consiste en la sustitución de tecnologías convencionales por alternativas concomitantes con una adecuada producción y mínimos efectos medioambientales. La implementación de prácticas de manejo en las pasturas que mejoren su calidad incrementa la productividad y generalmente tienen un efecto significativo en la reducción de las emisiones de metano. Parece evidente, el efecto positivo que tiene el balance de dietas con leguminosas y otras especies arbóreas, en la producción de metano en los sistemas silvopastoriles. Estos sistemas que involucran

leguminosas rastreras, arbustivas o arbóreas, y otros tipos de especies con potencial alimenticio, se han considerado una alternativa de amplia viabilidad con animales bajo pastoreo de gramíneas tropicales de baja calidad. Además, se consideran otros aspectos que redundan en una mejoría de las características edáficas y de bienestar en el animal.

En trabajos como el reportado por Hess, (2012) se indica que la liberación de metano se puede reducir con el uso de frutos del árbol tropical *Sapindus saponaria* cuando se suministra en dietas con pastos de baja calidad con o sin suplementación de leguminosa.

Beauchemin, McGinn & Petit (2007) señalan, sin embargo, que el uso del mismo árbol (8% de fruto, 5% de pericarpio o 1.2% de extracto de saponinas semipurificadas, en base seca de la dieta basal) en una dieta compuesta por *Brachiaria dictyoneura* (60%) y *Cratylia argentea* (40%) no mostró efectos sobre la disminución de las emisiones de metano. Los autores señalan que, aunque el efecto de los tratamientos sobre la metanogénesis no fue alta, si se observó una reducción significativa en la liberación de metano en relación con la cantidad degradada de materia seca y materia orgánica. *In vivo*, esto podría reflejarse en una reducción de metano emitido por unidad de proteína animal producida, que sería útil aun cuando la cantidad total de metano emitido por animal no disminuya. Moss et al. (2012) señalan que, las saponinas mencionadas, tienen un efecto significativo en la disminución o eliminación de los protozoos del rumen sin inhibir la actividad bacteriana. Igualmente señalan que las saponinas son glucósidos los cuales aparentemente interactúan con el colesterol presente en la membrana celular de eucarióticas, pero no en las células procarióticas.

Hess (2012) señala que los taninos presentes en muchas leguminosas, como *Calliandra calothyrsus*, pueden estar asociados con la reducción en la producción de metano, hasta en un 50%, respecto a la dieta tradicional de pasto solo. Pero esto no está asociada a todas las leguminosas de potencial forrajero en el trópico, así, estos autores reportan que especies como *Cratylia argentea* y *Arachis pintoii* incrementaron los niveles de metano, hasta 3-4 veces la cantidad determinada en dietas con solo pasto.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Hipótesis

La inclusión de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de ovinos influye positivamente en las funciones del rumen y disminuye la producción de gas entérico.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la inclusión de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de ovinos sobre las funciones del rumen y la producción de gases de efecto invernadero.

3.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de la inclusión de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de ovinos sobre la digestibilidad de la MS y MO, así como, la producción de pH ruminal *in vitro*.
- Evaluar el efecto de la inclusión de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de ovinos sobre la producción entérica de metano y dióxido de carbono *in vitro*.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el Cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua, a 20 Km al sur de Ambato con una altitud de 2850 m.s.n.m. cuyas coordenadas geográficas son: 01° 22' 0.2" de latitud Sur y 78° 36' 22" de longitud Oeste.

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

Según la Estación Meteorológica de primer orden ubicada en la Granja Experimental Docente Querochaca, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, reporta las siguientes características agroclimáticas: Temperatura máx. 20° C, temperatura min. 7° C, la temperatura ambiente promedio es de 15°C, tiene una pluviosidad de 517.8 mm media anual, la intensidad de las lluvias se presenta en septiembre, octubre y noviembre, clima: templado y seco. La investigación *in vitro* se realizó en el laboratorio de Química.

4.3. MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1. Materiales

- Semilla y aceite de sachu inchi
- Materias primas para balanceado
- Frascos de vidrio
- Papel filtro
- Tubos de ensayo
- Vaso de precipitación
- Agitador
- Fundas de papel y plásticas
- Jeringas
- Tijeras

4.3.2. Equipos

- Molino
- Estufa
- Refrigerador
- Incubadora
- Cromatógrafo de gases
- Espectrofotómetro
- Transductor de presión
- Balanza

4.3.3. Reactivos

- Líquido ruminal de ovinos
- Saliva artificial (mezcla química artificial)
- Ácido metafosfórico
- Agua destilada
- Hipoclorito de sodio (5 %)

4.4. FACTORES EN ESTUDIO

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó la semilla sin cáscara (almendra), la semilla con cáscara (torta-residuo de la extracción del aceite) y el aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) incluida en una dieta para ovinos de la siguiente manera:

- Semilla de Sacha inchi con cáscara (10%, 20%)
- Semilla de Sacha inchi sin cáscara (almendra) (10%, 20%)
- Aceite de Sacha inchi (2%, 4%, 6%)

4.5. TRATAMIENTOS

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó la semilla, la torta y el aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) con un testigo o control de la siguiente manera:

Tabla 5. Distribución de los tratamientos y repeticiones

Factores	Tratamientos	Repeticiones	N° de muestras(total)
Testigo o control	0%	6	6
Sacha inchi almendra (SIA)	10%	6	6
	20%	6	6
Sacha inchi completo (SIC)	10%	6	6
	20%	6	6
Aceite de sachu inchi (ASI)	2%	6	6
	4%	6	6
	6%	6	6
TOTAL			48 Muestras

Tabla 6. Composición en (g MS) de las diferentes dietas que se utilizaron en la fase experimental.

Ingredientes	Tratamientos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Palmiste	21.358	23.904	8.246	24.821	8.523	21.358	21.358	21.358
Afrecho	22.631	26.560	43.980	27.579	45.455	22.631	22.631	22.631
Soya	15.983	9.004	7.202	5.957	0.000	15.983	15.983	15.983
Alfalfa	16.973	14.847	11.820	15.416	12.216	16.973	16.973	16.973
Maíz	14.144	7.968	3.024	8.274	5.682	14.144	14.144	14.144
Sacha inchi	0.000	10.066	20.066	10.011	20.000	0.000	0.000	0.000
Melaza	5.658	5.046	3.848	5.240	5.114	5.658	5.658	5.658
Aceite de palma	1.726	1.116	0.275	1.158	1.420	1.726	1.726	1.726
Sal	0.764	0.744	0.770	0.772	0.795	0.764	0.764	0.764
V+M	0.764	0.744	0.770	0.772	0.795	0.764	0.764	0.764
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

T1: (0% de sachá inchi), **T2:** dieta con sachá inchi almendra (10%), **T3:** dieta con sachá inchi almendra (20%), **T4:** dieta con sachá inchi completo (10%), **T5:** dieta con sachá inchi completo (20%), **T6:** dieta con aceite de sachá inchi (2%), **T7:** dieta con aceite de sachá inchi (4%), **T8:** dieta con aceite de sachá inchi (6%). **V+M:** Vitaminas+ Minerales.

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño completamente al azar, con ocho tratamientos (dietas experimentales con: sachá inchi almendra, sachá inchi completo y aceite de sachá inchi) y seis repeticiones por tratamiento. Utilizando como único factor de bloqueo el tiempo (periodos experimentales) para las variables: producción *in vitro* de gas, metano y CO₂, pH, AGVs, NH₃, digestibilidad *in vitro* de MS y MO. Todas las variables se analizaron según el diseño planteado utilizando el PROC GLM del SAS (2009). Todas las medias fueron analizadas mediante la prueba de Tukey.

4.7. VARIABLES RESPUESTA

4.7.1 Producción de gas, metano y CO₂ *in vitro*

Para estas pruebas, el contenido del rumen (líquido y la fracción sólida) se obtuvieron de 4 ovinos previamente canulados. El contenido ruminal fue colectado antes de la alimentación en la mañana y almacenado en fundas, las mismas que fueron transportadas al laboratorio en recipientes plásticos (baldes) con agua caliente a temperatura controlada (39 °C), para ser procesado dentro de la primera hora de la recolección. El medio rico en nitrógeno (saliva artificial) se preparó un día antes de iniciar el experimento en laboratorio según lo descrito por Menke y Steingass, (1988) que consistió en la preparación de una solución búfer a base de Bicarbonato de Sodio y Bicarbonato de Amonio, así también una solución de macro minerales a base de Fosfato de Sodio, Fosfato de Potasio y Sulfato de Magnesio, adicionalmente se preparó una solución reductora a base Cisteína, también se aplicaron micro minerales, un indicador y a un bajo flujo continuo de CO₂ durante una hora y media en baño maría a una temperatura de 39.5 °C.

Las muestras de alimento se tomaron según los tratamientos (dietas). La producción de gas se realizó mediante la técnica *in vitro* descrita por (Theodorou et al. 1994), la cual consiste en colocar 0.500 mg de MS de muestra (dietas con sachá inchi almendra al 10% y 20% con un testigo 0%), (dietas con sachá inchi completo al 10% y 20% con un testigo 0%), (dietas con aceite de sachá inchi al 2%, 4% y 6% con un testigo 0%) en botellas de vidrio ámbar con capacidad de 100 ml, en las botellas se incubaron 60 ml del inóculo (70:30 medio; saliva artificial/inóculo; contenido ruminal) bajo constante flujo de CO₂. Las botellas se incubaron entre 39 – 40°C en una estufa. 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. Se utilizaron 6 botellas por cada tratamiento y tres botellas adicionales se usaron como blancos.

4.7.2. Digestibilidad *in vitro*

Para la digestibilidad *in vitro* se utilizó el mismo procedimiento antes mencionado, pero solo se incubó hasta las 48 horas. Posterior a la incubación se filtró el contenido de cada frasco con ayuda de papel filtro y se secó en una estufa a 60°C de temperatura hasta

obtener peso constante para estimar la digestibilidad de MS, posteriormente se colocaron las muestras filtradas y secadas en crisoles en una mufla a 600°C de temperatura durante 6 horas para estimar la digestibilidad de MO.

4.7.3. pH ruminal

Bajo el mismo procedimiento antes mencionado para la producción de gas *in vitro* se prepararon 200 frascos de vidrio, que sirvió 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).

4.8. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Todas las variables se las analizaron según el diseño empleado utilizando el PROC GLM SAS. La comparación de medias se la analizaron mediante la prueba de Tukey.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

5.1.1. Producción de gas, metano y CO₂ *in vitro*

En la tabla 7, se observa el volumen acumulado de gas mL/g MSF (Vfi) y tiempo de colonización (B), los cuales muestran diferencia ($P < 0.05$) entre tratamientos, obteniendo la menor producción en las dietas con inclusión de sachá inchi almendra 10% y sachá inchi completo 10%. En cuanto a la tasa constante de producción de gas (C), se observa los mejores resultados para las dietas con inclusión de sachá inchi completo 20%, aceite de sachá inchi al 4% y 6%, presentando diferencia $P = (0.0001)$ con respecto a los demás tratamientos.

En la producción de metano y CO₂ se observa que el volumen acumulado (Vfi) y tiempo de colonización (B) mostraron diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos, obteniendo la menor producción en las dietas con inclusión de sachá inchi almendra 10%. Sin embargo, existen diferencias en la tasa constante de producción de metano y CO₂ (C), es así que se observa los mejores resultados para dietas con inclusión de sachá inchi almendra 20%, sachá inchi completo 10% y 20%, presentando diferencia $P = (0.0039)$ en lo que respecta a metano, en CO₂ existen mejores resultados para dietas con inclusión de sachá inchi completo 10%, y 20%, aceite de sachá inchi 2%, 4%, y 6% presentando diferencia $P = (0.0010)$ con respecto a los demás tratamientos.

5.1.2. pH y Digestibilidad *in vitro* de la MS y MO

En la tabla 8, se observa que pH ruminal no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos. Con respecto a la digestibilidad *in vitro* de la MS y MO mostró diferencias ($P = 0.0109$ y $P = 0.0117$ respectivamente) entre tratamientos, observándose una mayor digestibilidad tanto de materia seca (MS) como de materia orgánica (MO) en las dietas con inclusión de sachá inchi almendra 10% y sachá inchi completo 10%.

Tabla 7. Parámetros *in vitro* de producción de gas, CH₄ y CO₂ (ml/0.5g MSF) como efecto de la adición de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de los ovinos.

Tratamientos	Dosis (% en la dieta)	Producción de gas			Producción de CH ₄			Producción de CO ₂		
		Vif (ml/gMS)	B (h)	C (%)	Vif ml/gMS	B (h)	C (%)	Vif ml/gMS	B (h)	C (%)
Control	0	577.8def	23.5b	1.17a	72.7abc	30.4ab	2.69a	245.3bc	29.8b	1.88a
SIA	10	543.8f	22.7b	1.17a	62.0c	28.4ab	2.16ab	221.6c	28.6b	1.66ab
	20	660.3bcd	20.5b	1.14ab	73.1abc	29.7ab	2.07b	298.8ab	29.8b	1.54ab
SIC	10	548.8ef	21.3b	1.15a	68.8bc	26.9b	2.07b	241.5bc	27.7b	1.46b
	20	714.8bc	24.6b	1.02c	88.8a	31.8ab	1.85b	327.6a	32.1ab	1.34b
ASI	2	714.8cde	27.2ab	1.04bc	75.2abc	31.7ab	2.14ab	309.7a	32.9ab	1.46b
	4	748.1b	32.6a	1.03c	84.0ab	32.8ab	2.44ab	339.2a	36.8ab	1.35b
	6	970.2a	33.1a	1.01c	73.4abc	34.2a	2.29ab	329.1a	40.2a	1.38b
EEM		20.175	1.562	0.021	3.925	1.428	0.135	13.449	2.087	0.087
Valor P		<.0001	<.0001	<.0001	0.0008	0.0183	0.0039	<.0001	0.0014	0.0010

a, b Medias con la misma letra en una fila no difieren P>0.05. Control 0%: dieta testigo (0% de sachá inchi). SIA 10%: dieta con sachá inchi almendra (10%). SIA 20%: dieta con sachá inchi almendra (20%). SIC 10%: dieta con sachá inchi completo (10%). SIC 20%: dieta con sachá inchi completo (20%). ASI 2%: dieta con aceite de sachá inchi (2%). ASI 4%: dieta con aceite de sachá inchi (4%), ASI 6%: dieta con aceite de sachá inchi (6%). EEM: error estándar de la media. Vfi: volumen acumulado de gas mL/g, B: tiempo de colonización, C: tasa constante de producción de gas.

Tabla 8. pH Ruminal, Digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica (MS y MO) como efecto de la adición de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de ovinos.

Tratamientos	Dosis (% en la dieta)	pH a diferentes horas					Digestibilidad	
		2 h	4 h	8 h	12 h	24 h	MS (g/kg MS)	MO (g/kg MS)
Control	0	6.80b	6.86c	6.90ab	6.94ab	7.53a	409.4ab	384.5ab
SIA	10	7.09a	6.93bc	6.86b	6.82b	6.71c	450.0a	428.2a
	20	7.06a	6.87c	6.89ab	6.86b	6.84c	350.6ab	332.1ab
SIC	10	7.04a	6.86c	6.87ab	6.84b	6.77c	468.1a	444.4a
	20	6.89b	7.04 ^a	6.93ab	7.02ab	7.04bc	334.9ab	314.2ab
ASI	2	6.81b	6.97ab	6.91ab	6.97ab	7.37ab	375.0ab	348.5ab
	4	6.85b	6.97ab	6.97 ^a	7.08a	7.37ab	337.7ab	309.9ab
	6	6.89b	6.87c	6.90ab	6.95ab	7.28ab	256.8b	226.0b
EEM		0.023	0.018	0.021	0.043	0.087	39.15	40.44
Valor P		<.0001	<.0001	0.0493	0.0023	<.0001	0.0109	0.0117

a, b Medias con la misma letra en una fila no difieren $P > 0.05$. Control 0%: dieta testigo (0% de sachá inchi). SIA 10%: dieta con sachá inchi almendra (10%). SIA 20%: dieta con sachá inchi almendra (20%). SIC 10%: dieta con sachá inchi completo (10%). SIC 20%: dieta con sachá inchi completo (20%). ASI 2%: dieta con aceite de sachá inchi (2%). ASI 4%: dieta con aceite de sachá inchi (4%), ASI 6%: dieta con aceite de sachá inchi (6%). EEM: error estándar de la media.

5.2. Discusión

5.2.1. Producción de gas, metano y CO₂ *in vitro*

Los resultados de la tabla 7 nos indican una menor producción de gas, metano y CO₂ en las dietas con inclusión de sachá inchi almendra y sachá inchi completo al 10%, lo cual puede ser porque éstas semillas contienen altas cantidades de aceites esenciales que inhiben a las bacterias productoras de nitrógeno amoniacal, interactuando con las membranas celulares de éstas, acumulándose en la doble capa lipídica y ocupando espacios entre las cadenas de los ácidos grasos, decreciendo así principalmente la desanimación de los aminoácidos y provocando de esta manera cambios morfológicos en la estructura de la membrana, dando como resultado fugas o pérdidas de iones, lo que causa un decreciente gradiente iónico transmembranal, y aunque la bacteria puede contrarrestar estos efectos, el costo energético es elevado y provoca al final un crecimiento lento o su muerte Santini (2014). También se ha encontrado que ocurre una menor proporción de acetato y mayor de propionato al incrementar el nivel de insaturación de los ácidos grasos disminuyendo las poblaciones de metanogénicos (Raygoza, Reyes, & García, 2014). Además, Calsamiglia et al. (2007) refieren que la adición de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga disminuye la metanogénesis porque se convierte en una alternativa metabólica para el hidrógeno. A lo que Dohme et al. (2009), señalan que grasas con altas cantidades de ácidos grasos de cadena media pueden ser efectivos en la reducción de metano y de las poblaciones protozoales. Por lo tanto, la reducción del número de protozoos aparentemente contribuye a una declinación en la población de bacterias metanógenas, además se supone que la toxicidad de algunos ácidos grasos de cadena larga y media sobre las bacterias metanógenas también tiene un gran efecto, pero en cantidades mínimas. Por tal motivo es que al incrementar las dosis ya sea con sachá inchi almendra 20%, sachá inchi completo 20% así como los aceites 2%, 4% y 6% no obtuvimos buenos resultados ya que los aceites esenciales en mayor cantidad resultan tóxicos o fatales para la flora microbiana del rumen.

5.2.2. pH y Digestibilidad *in vitro* de la MS y MO

En la tabla 8 observamos un rango normal de pH en el rumen, lo cual puede ser debido a los tipos de dietas experimentales lo que dio como resultado un pH estable, el cual permitió mantener el metabolismo de los microorganismos ruminales en un rango óptimo para su crecimiento Santini (2014). A sí mismo, se observa que existe una mayor digestibilidad tanto de MS como de MO en las dietas con inclusión de sachá inchi almendra 10% y sachá inchi completo al 10%, este efecto puede ser debido a que se incrementó la digestibilidad de la proteína de manera significativa pero también puede deberse a un ligero incremento de digestibilidad de otros nutrientes Raygoza et al. (2014). Y por lo tanto existió una mejor eficiencia en la utilización de la proteína en el rumen. Sin embargo se puede observar que a dosis altas de aceites esenciales decrece la digestibilidad de MS, esto puede ser atribuible a la disminución de la digestibilidad de la fibra a nivel ruminal (Varnero 2011).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIÓN, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1. Conclusiones

Bajo las condiciones de este trabajo de investigación se concluye que la adición de un 10% de sachá inchi almendra y completo en la dieta para ovinos disminuye tanto la producción de gas metano y CO₂, debido principalmente al contenido de aceites esenciales que posee esta semilla, los mismos que afectan a la producción de metano por diversos mecanismos, incluyendo la biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados, el aumento en la producción de ácido propiónico y la inhibición de bacterias productoras de nitrógeno amoniacal y algunos protozoos, aprovechando de mejor manera la energía de los nutrientes, mejorando las condiciones de los sistemas productivos y reduciendo así los gases de efecto invernadero contribuyendo a la descontaminación medioambiental.

6.2. Bibliografía

- Albores-Moreno, S., Alayón-Gamboa, J. A., Ayala-Burgos, A. J., Solorio-Sánchez, F. J., Aguilar-Pérez, C. F., Olivera-Castillo, L., & Ku-Vera, J. C. (2017). Effects of feeding ground pods of *Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb on dry matter intake, rumen fermentation, and enteric methane production by Pelibuey sheep fed tropical grass. *Tropical Animal Health and Production*, (March), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1275-y>
- Armando, J., Cárdenas, B., & Lemus, C. (2013). AG-007 Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático . Revisión Enteric methane emission by ruminants and its contribution to global climate change . Review. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias*, 3(2), 215–246.
- Beauchemin, K. A., McGinn, S. M., Martinez, T. F., & McAllister, T. A. (2007). Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 85(8), 1990–1996. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-686>
- Calderón, C. (2017). No Title Fermentación ruminal y síntesis de proteína microbiana en ovinos consumiendo dietas a base de *Lupinus mutabilis*.
- Cisneros, F. H., Paredes, D., Arana, A., & Cisneros-Zevallos, L. (2014). Chemical composition, oxidative stability and antioxidant capacity of oil extracted from roasted seeds of Sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(22), 5191–5197. <https://doi.org/10.1021/jf500936j>
- Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 6.
- Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., ... Tricarico, J. M. (2013). SPECIAL TOPICS-Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*, 91(11), 5045–5069. <https://doi.org/10.2527/jas2013-6583>
- Johnson, K. a, & Johnson, D. E. (1995). Methane emissions from cattle Methane Emissions from Cattle. *J Anim Sci*, 73, 2483–2492. <https://doi.org/1995.7382483x>
- Lara, D. M., & Londoño, Á. S. (2008). El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. *Revista de Medicina Veterinaria*, 16, 87–109.
- 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*.
- Manco Cespedes, E. (2006). Cultivo de Sacha Inchi, 1–11.
- Norma Alayón, A., & Echeverri Jiménez, I. (2016). Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* Linneo): ¿Una Experiencia Ancestral Desaprovechada? Evidencias Clínicas

- Asociadas a Su Consumo. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(2), 9–9. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000200009>
- Puchala, R., Min, B. R., Goetsch, A. L., & Sahl, T. (2005). The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *Journal of Animal Science*, 83(1), 182–186. <https://doi.org/2005.831182x>
- Raygoza, L. A. P., Reyes, A. M., & García, L. H. D. (2014). Aceites esenciales modificadores de perfiles de fermentación ruminal y mitigación de metano en rumiantes. Revisión. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 5(1), 25–47.
- Rira, M., Chentli, A., Boufenera, S., & Bousseboua, H. (2015). Effects of Plants Containing Secondary Metabolites on Ruminal Methanogenesis of Sheep in vitro. *Energy Procedia*, 74, 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.513>
- Ruiz, C., Díaz, C., Anaya, J., & Rojas, R. (2013). Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *SciELO*, 79(1), 29–36.
- 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>
- Tiwari, C. M., Jadhao, S. B., Tiwari, C. M., & Khan, M. Y. (2000). Energy metabolism with particular reference to methane production in Muzaffarnagari sheep fed rations varying in roughage to concentrate ratio. *Animal Feed Science and Technology*, 83(3–4), 287–300. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00132-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00132-7)
- Varnero, M. (2011). Melanocortin-4 receptor gene mutations in obese slovak children. *Physiological Research*, 64(6), 883–890. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>
- Vicuña Ríos, A., Izquierdo Henríquez, E. J., & Huamán Saavedra, J. J. (2012). Gemfibrozilo versus aceite de Sachá Inchi en la reducción de niveles de triglicéridos séricos en *Rattus rattus* var *albinus*. *Acta Méd. Peru*, 29(2), 85–88.

6.3. Anexos

Anexo 1. Elaboración del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*)

		
Extractor de aceites	Semillas de sachá inchi	Aceite de sachá inchi





Anexo 2. Preparación de dietas

			
Secado de materias primas en la estufa	Molienda de materias primas	Recolección de materias primas	Tamizaje de materias primas

Anexo 3. Producción *n vitro* de gas metano y CO₂

		
<p>Elaboración de saliva artificial</p>	<p>Recolección de líquido ruminal de ovinos</p>	<p>Llenado de frascos con saliva artificial y líquido ruminal 70:30</p>
		
<p>Sellado de los frascos</p>	<p>Incubación de los frascos con dietas experimentales</p>	<p>Toma de datos de la producción de gas metano y CO₂</p>

Anexo 4. pH. Digestibilidad *in vitro* de MS y MO

		
<p>Incubación de muestras</p>	<p>Conservación de las muestras</p>	<p>Preparación del equipo para realizar la filtración de muestras</p>
		
<p>Filtración de muestras</p>	<p>Toma de datos de pH ruminal obtenido después de diferentes horas de incubación: 0, 2, 4, 8, 12 y 24 horas</p>	

CAPÍTULO VII

PROPUESTA

7.1. Datos Informativos

Tema: Recomendar la adición de la semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) a dosis de 10% en la dieta de ovinos para mejorar las funciones del rumen y disminuir la producción de gas entérico.

7.2 Antecedentes de la Propuesta

En Ecuador existen diversos sistemas de explotación: intensivo, semi-intensivo y el extensivo, éste último es el más utilizado, donde el ganado consume la vegetación nativa con el fin de aprovechar los recursos naturales, sin embargo, la producción ovina ha sido limitada debido a que ha sido desplazada hacia terrenos poco productivos con pastos de mala calidad y al desconocimiento por parte del ganadero de la implementación de nuevas técnicas para el mejoramiento productivo Lema & Cacuango (2012). Se han evaluado nitrocomponentes, taninos, saponinas, y recientemente otros componentes secundarios de las plantas como los aceites esenciales (AE). Existe una gran cantidad de AE sin embargo; sólo han sido evaluados en promedio 70 de estos, y sus componentes activos, a los que se les atribuye la modificación de la fermentación ruminal o mitigante de metano.

Tomando en cuenta estos antecedentes se puede indicar el uso de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta para ovinos puesto que ésta semilla constituye una de las fuentes vegetales más grandes de Omega, un ácido graso esencial para la vida. Esta especie es muy reconocida por sus semillas con alto contenido de proteínas ($29,6 \pm 0,5\%$) y su aceite rico en ácidos grasos omega 3 (más de 48%), omega 6 (36%) y omega 9 (8%) (Alayón & Jiménez, 2016). Lo cual nos ayuda a disminuir la producción de gases de efecto invernadero e inclusive mejorar la productividad animal.

7.3 Justificación

La producción ovina en el Ecuador ha disminuido debido a la falta de recursos económicos y al desconocimientos de nuevas técnicas productivas para potencializar la producción ganadera, además de producir efectos negativos sobre el medio ambiente debido a la producción de gases de efecto invernadero los cuales están asociados a su alimentación a base de forrajes altamente fibrosos.

Las nuevas técnicas productivas están orientadas a mejorar los rendimientos productivos y reducir los efectos negativos al medio ambiente evitando el daño a los recursos renovables. La mayoría de los trabajos que mencionan efectos en la fermentación ruminal y mitigación del metano se han realizado *in vitro*, en algunos casos con resultados importantes, y recientemente se han comenzado a generar datos de investigaciones *in vivo* con la inclusión de la evaluación de parámetros productivos y de salud animal.

El presente tiene como objetivos principales mostrar y discutir los resultados obtenidos con la adición de la semilla de sachá inchi y avances de las investigaciones referentes al uso de aceites esenciales *in vitro*, en referencia a la inclusión de estos y las respuestas sobre los principales parámetros de fermentación ruminal, mitigación de la producción de metano en el rumen, así como también el rumbo que debieran seguir futuras investigaciones para que lo puedan aplicar *in vivo*.

7.4 Objetivos

7.4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la inclusión de la semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de ovinos sobre las funciones del rumen y la producción de gases de efecto invernadero.

7.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de la inclusión de la semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de ovinos sobre la digestibilidad de la MS y MO, así como, pH ruminal *in vitro*.
- Evaluar el efecto de la inclusión de la semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de ovinos sobre la producción entérica de metano y dióxido de carbono *in vitro*.

7.5 Análisis de Factibilidad

Este proyecto es totalmente factible en los aspectos económico, social y ambiental, ya que se aprovecha la semilla de sachá inchi, la misma que al ser rica en aceites esenciales disminuye los gases de efecto invernadero que producen los ovinos, reducir los costos de producción y mejorar el rendimiento productivo de los pequeños y medianos productores.

7.6 Fundamentación

La necesidad de mejorar la productividad animal y disminuir los gastos de producción, es más visible cada día, para esto se proponen alternativas en la alimentación animal, por tal motivo se da el aprovechamiento de la semilla de sachá inchi incluyéndola en dietas para ovinos, para de esta manera mejorar las características fermentativas a nivel ruminal, reflejándose así una mayor productividad y generalmente una disminución en la producción de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

7.7 Metodología, Modelo Operativo

- La preparación de la dieta se inició con el tamizado de todos los ingredientes de la dieta incluido por supuesto la semilla de sachá inchi en un 10%, ajustando los requerimientos nutricionales de los ovinos con la adición de las materias primas en los porcentajes indicados en la formulación.
- Determinación de la producción de gas, metano, CO₂, pH, digestibilidad *in vitro* de materia seca y orgánica.

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.