



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO**

### **“EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN LOS RESIDUOS DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) SOBRE CINÉTICA DE DEGRADACIÓN PARA LA MITIGACIÓN DE CH<sub>4</sub> Y CO<sub>2</sub> ENTÉRICO EN RUMIANTES”**

**MARCIA EDUVIJES BUENAÑO SÁNCHEZ**

**Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:**

**MAGÍSTER EN INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA**

**Riobamba-Ecuador**

**Julio 2019**



## CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, titulado “EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN LOS RESIDUOS DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) SOBRE CINÉTICA DE DEGRADACIÓN PARA LA MITIGACIÓN DE CH<sub>4</sub> Y CO<sub>2</sub> ENTÉRICO EN RUMIANTES”, de responsabilidad de la Sra. Marcia Eduvijes Buenaño Sánchez, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Dr. Galo Montenegro Córdova; PhD.

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_

**FIRMA**

Ing. Luis Hidalgo Viteri; M.Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

\_\_\_\_\_

**FIRMA**

Ing. Marcos Barros Rodríguez; PhD.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

**FIRMA**

Quim. Lander Pérez Aldaz; M.Sc.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

**FIRMA**

Riobamba, Julio del 2019

## DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Marcia Eduvijes Buenaño Sánchez, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

.

---

Marcia Eduvijes Buenaño Sánchez

CÉDULA 180269582-3

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la vida y estar siempre conmigo, guiándome en mi camino.

A mis hijas, Karla, Ma. Victoria, Ma. Isabella por ser mis pequeños motores y poder ser un orgullo y ejemplo para cada una de ellas, decirles que son la razón de ser de mi presente, mi futuro, y han sido la motivación para concluir esta meta.

A mis padres, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme cumplir una meta más en mi vida, por la fuerza que me da día tras día para seguir luchando por mis objetivos.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato por permitirme realizar este trabajo de investigación brindándome todas las facilidades.

A mi Familia, que sin ellos no hubiera logrado una meta más en vida profesional, gracias por estar a mi lado en esta etapa de mi posgrado, su apoyo moral y entusiasmo que me brindaron para seguir adelante en mis propósitos compartiendo sus experiencias, conocimientos y consejos, por su amor.

A mi director de tesis y tutores, por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus conocimientos, sin su instrucción profesional no habría llegado a este nivel.

Finalmente, a todas aquellas personas, colegas y amigos que me brindaron su tiempo apoyo e información para alcanzar este logro.

## ÍNDICE GENERAL

<b>Paginas</b>	
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Tema de Investigación.</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Planteamiento del Problema.</b> .....	<b>2</b>
1.2.1 Situación Problemática.....	2
1.2.2 Formulación del Problema.....	3
<b>1.3 Justificación.</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Objetivos</b> .....	<b>5</b>
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos .....	5
<b>1.5 Hipótesis</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 La ganadería en el Ecuador.</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Funciones ruminales.</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3 Degradación y digestibilidad ruminal.</b> .....	<b>8</b>
<b>2.4 Producción de gas metano en rumiantes y su impacto en el calentamiento global</b>	<b>10</b>
<b>2.5 Alternativas para disminuir las emisiones de metano</b> .....	<b>10</b>
<b>2.6 Estrategias de manejo</b> .....	<b>10</b>
<b>2.7 El maracuyá</b> .....	<b>11</b>
<b>2.8 Producción de maracuyá en el Ecuador</b> .....	<b>13</b>
<b>2.9 Subproductos de procesamiento del maracuyá.</b> .....	<b>14</b>

<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>15</b>
<b>3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1 Tipo de Investigación.</b> .....	<b>15</b>
<i>3.1.1 Investigación Correlacional.</i> .....	<i>15</i>
<b>3.2 Diseño de la Investigación</b> .....	<b>15</b>
<i>3.2.1 Experimental</i> .....	<i>15</i>
<b>3.3 Métodos de investigación.</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3.1 Ubicación del ensayo.</b> .....	<i>15</i>
<b>3.3.2 Caracterización del lugar.</b> .....	<i>16</i>
<i>3.3.3 Obtención de residuos del Maracuyá.</i> .....	<i>16</i>
<i>3.3.4 Pretratamiento de residuos del Maracuyá.</i> .....	<i>16</i>
<i>3.3.5 Caracterización fisicoquímica y bromatológica de residuos de Maracuyá.</i> .....	<i>16</i>
<i>3.3.6 Degradación ruminal de nutrientes in situ:</i> .....	<i>16</i>
<i>3.3.7 Producción de gas in vitro y digestibilidad in vitro.</i> .....	<i>17</i>
<i>3.3.8 Diseño Experimental.</i> .....	<i>18</i>
<i>3.3.9 Tratamientos.</i> .....	<i>18</i>
<i>3.3.10 Análisis de Datos</i> .....	<i>18</i>
<b>3.4 Enfoque de la investigación</b> .....	<b>19</b>
<b>3.5 Alcance de la investigación</b> .....	<b>19</b>
<b>3.6 Población de estudio.</b> .....	<b>19</b>
<b>3.7 Unidad de análisis.</b> .....	<b>19</b>
<b>3.8 Selección de la mestra.</b> .....	<b>19</b>
<b>3.9. Tamaño de muestra.</b> .....	<b>19</b>
<b>3.10. Técnicas de recolección.</b> .....	<b>19</b>
<b>3.11 Instrumentos de Recolección.</b> .....	<b>20</b>
<b>3.12 Instrumentos para procesar datos.</b> .....	<b>20</b>

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>22</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Clasificación taxonómica del maracuyá.	12
<b>Tabla 2-2:</b>	Exigencias agroecológicas del cultivo.	13
<b>Tabla 1-3:</b>	Tratamientos.	18
<b>Tabla 1-4:</b>	Composición química de la cáscara de maracuyá ( <i>Pasiflora edulis</i> ) expuesta a diferentes temperaturas de secado (todos los valores se expresan en % excepto donde se señala lo contrario)	21
<b>Tabla 2-4:</b>	Digestibilidad <i>in vitro</i> y cinética de degradación ruminal <i>in situ</i> de la cascara de <i>P. edulis</i> secada a diferentes temperaturas (todos los datos son expresados en % excepto donde se menciona lo contrario).	23
<b>Tabla 3-4:</b>	Cinética de producción de gas, CH <sub>4</sub> y CO <sub>2</sub> <i>in vitro</i> (mL/0.500g de MS Fermentable) de la cascara de <i>P. edulis</i> secada a diferentes temperaturas.	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-4:** Degradación ruminal *in situ* de la MS (A), MO (B) y FDN (C) de la cascara de maracuyá (*P. edulis*) secada a diferentes temperaturas. 24
- Figura 2-4:** Producción de gas (A), CH<sub>4</sub> (B) y CO<sub>2</sub> (C) de la cascara de maracuyá (*P. edulis*) secada a diferentes temperaturas. 27

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1. :</b>	Degradación ruminal.	17
<b>Ecuación 2. :</b>	Degradación efectiva.	17

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la temperatura ( $T^{\circ}$ ) de secado en los residuos de cascara de *Passiflora edulis* sobre la cinética de degradación y mitigación de gases efecto invernadero  $CH_4$  y  $CO_2$  (metano y dióxido de carbono) entérico. La degradación ruminal *in situ* de los nutrientes fue estimada siguiendo la metodología de la bolsa de nylon. La producción de gases se cuantificó con un analizador de presión. Se evaluaron cuatro Temperaturas de secado: 60, 90, 120 y 150  $^{\circ}C$ . La mayor digestibilidad de la materia seca y materia orgánica se obtuvo con  $T_1$ : 60 $^{\circ}C$  con valores de 75 y 77.4% respectivamente, la degradación de la materia seca, degradación de la materia orgánica y degradación de fibra detergente neutra presentaron valores de 39.4, 32.0 y 11.7 respectivamente. La cáscara de *Passiflora edulis* expuestos a  $T_1$ : 60  $^{\circ}C$ , fue el tratamiento que presentó la menor producción de gases *in vitro*, lo que podría deberse a que mantuvo el contenido de polisacáridos de reserva, los cuales mejoraron el ambiente ruminal. Se puede concluir que secar a altas temperaturas (150  $^{\circ}C$ ) los residuos de maracuyá disminuyen la digestión ruminal e incrementa la producción de gases de efecto invernadero en los rumiantes, por lo que se recomienda secar los residuos de *Passiflora edulis* a 60 $^{\circ}C$ .

**Palabras claves:** INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA, DEGRADACIÓN RUMINAL, DIGESTIBILIDAD, FERMENTABLE, DEGRADACIÓN EFECTIVA, MARACUYA (*Passiflora edulis*)

## SUMMARY

The objective of the research was to evaluate the temperature effect (T°) of drying on the residues of the *Passiflora edulis* husk on the kinetics of degradation and mitigation of greenhouse gases CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> (methane and carbon dioxide) enteric. The *in situ* ruminal degradation of the nutrients was estimated following the methodology of the Nylon Bag. The gas production was quantified with a precision analyzer. Four drying temperatures were evaluated at: 60, 90, 120 and 150 °C. The highest digestibility of the dry and organic matter was obtained with T1: 60 °C with values of 75 and 77.4% respectively, the degradation of dry, organic and neutral detergent fiber presented values of 39.4, 32.0 and 11.7 respectively. The husk of *Passiflora edulis* exposed to T1: 60 °C, was the treatment that presented the lowest production of gases *in vitro*, which could be due to the fact that, it maintained the content of reserve polysaccharides, which improved the ruminal maintenance. It can be concluded that drying at high temperatures (150 °C) the passion fruit residues decreases ruminal digestion and increases the production of greenhouse gases in ruminants, so it is recommended to dry the residues of *Passiflora edulis* at 60 °C.

**Key words:** CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY, RUMINAL DEGRADATION, DIGESTIBILITY, FERMENTABLE, EFFECTIVE DEGRADATION, PASSION FRUIT (*passiflora edulis*).

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCION

El calentamiento global ocasiona varios problemas en el medio ambiente, por el incremento de los GEI en la atmosfera. El metano (CH<sub>4</sub>) es el segundo GEI más importante después del (CO<sub>2</sub>) (De Klein *et al.*, 2008). En la producción animal, la fuente más importante de emisión de (CH<sub>4</sub>) es la fermentación entérica que se produce en el rumen, con un 30 % del total de las emisiones de CH<sub>4</sub> (Shibata y Terrada, 2010).

En las zonas ganaderas, la alimentación de los rumiantes se lo realiza en pastoreo directo de áreas marginales disponibles (Rangel *et al.*, 2016). Existen dos periodos muy diferenciados que son: la época seca y la época lluviosa, la producción tiene una reducción cuantitativa y cualitativa (Canesin, 2014). En la estación lluviosa, se obtiene hasta un 80% en la producción ha/año, mientras que en la estación seca los pastos no consumidos disminuyen su cantidad y valor nutritivo (Caraballo *et al.*, 2007). Los pequeños productores en la época seca, al no tener la posibilidad de realizar un suministro externo de insumos en la alimentación de su ganado lechero lo venden, hasta que llegue la temporada de lluvias. La disponibilidad de alimento es un factor muy indispensable para el desarrollo y el incremento de la producción y la mejora sostenida del sector ganadero en Ecuador.

Debido a la necesidad de tener productos alternativos para la alimentación de rumiantes, se hace imprescindible la búsqueda de nuevas alternativas de producción que disminuyan las emisiones de GEI para reducir el impacto que ocasionan en el ambiente (Nieto *et al.*, 2014). Una alternativa para la alimentación del ganado bovino es la utilización de los residuos del maracuyá (*Passiflora edulis*), ya que por su alto contenido de nutrientes, podemos disminuir los costos de producción generando la estabilidad del sistema ganadero, disminuyendo la dependencia externa de nitrógeno mediante la fijación biológica, jugando un papel importante en la conservación de los ecosistemas agrícolas (Mendieta y Rocha 2007).

La planta hortofrutícola Ambato (PLANHOFA), genera residuos industriales por la elaboración de jugos, mermeladas, concentrados, los que ocasionan un problema para la planta ya que no se realiza ningún tratamiento a este residuo orgánico antes de ser depositado en el relleno sanitario del cantón

Ambato, estos residuos pueden ser empleados como subproductos (abonos, piensos, alimentos), por lo que es necesario caracterizar física y químicamente los residuos del maracuyá (*Passiflora edulis*) para conocer su contenido nutricional cuando se somete a diferentes temperaturas de secado y determinar la influencia de estos residuos sobre la mitigación de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> entérico que afectan al medio ambiente.

## **1.1 Tema de Investigación.**

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN LOS RESIDUOS DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) SOBRE CINÉTICA DE DEGRADACIÓN PARA LA MITIGACIÓN DE CH<sub>4</sub> Y CO<sub>2</sub> ENTÉRICO EN RUMIANTES.

## **1.2 Planteamiento del Problema.**

### ***1.2.1 Situación Problemática.***

El incremento de la concentración en la atmósfera de GEI está causando serios problemas en el medio ambiente por efecto del calentamiento global. El metano (CH<sub>4</sub>) es el segundo gas con efecto invernadero más importante después del dióxido de carbono (De Klein *et al.*, 2008). En los sistemas de producción animal, la fuente más importante de generación de metano es la fermentación entérica que se produce en el rumen, representando un 30 % del total de las emisiones de CH<sub>4</sub> (Shibata y Terrada, 2010).

Según Nieto *et al.*, (2014) indica que, debido a la necesidad de productos alternativos para la alimentación de rumiantes, es necesario buscar alternativas de producción que reduzcan la emisión de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> para disminuir los efectos que provocan al ambiente negativamente.

Beauchemin *et al.*, (2007), asevera que, los rumiantes contribuyen con el 18 % del CH<sub>4</sub> total producido en el mundo, proceso ocurre en la fermentación, el dihidrógeno (H<sub>2</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) generados por los microorganismos del rumen son utilizados para generar CH<sub>4</sub>, que es liberado al exterior por el eructo y la expiración. El metano producido por los bovinos se encuentra entre el 5,5 a 6,5 % de la energía que aportan los alimentos y es utilizado para incrementar la temperatura corporal. (Berra *et al.*, 1999). Los bovinos al tener un complejo sistema digestivo poseen la capacidad de aprovechar y convertir material fibroso en alimentos de calidad nutritiva, debido a

las características de este sistema digestivo produce metano, gas con efecto invernadero que contribuye con aproximadamente el 18% del calentamiento de la Tierra (Carmona *et al.*, 2005).

Mendieta y Rocha (2007), manifiestan que una alternativa para la alimentación del ganado bovino es la utilización de los residuos del maracuyá (*Passiflora edulis*), por su alto contenido proteico, disminuyendo los costos de producción generando la estabilidad del sistema agrosilvopastoril, disminuyendo la dependencia externa de nitrógeno mediante la fijación biológica, y juegan un papel importante en la conservación de los ecosistemas agrícolas.

La planta hortofrutícola Ambato (PLANHOFA), genera residuos industriales por la elaboración de jugos, mermeladas, concentrados, los que ocasionan un problema para la planta, ya que no se realiza ningún tratamiento a este residuo orgánico antes de ser depositado en el relleno sanitario del cantón Ambato, estos residuos pueden ser utilizados en la elaboración de subproductos (abonos, piensos, alimentos), por lo que es necesario caracterizar física y químicamente los residuos del maracuyá (*Passiflora edulis*) para conocer su contenido nutricional cuando se somete a diferentes temperaturas de secado y determinar la influencia de estos residuos sobre la mitigación de metano y CO<sub>2</sub> entérico que afectan al medio ambiente.

### **1.2.2 Formulación del Problema.**

¿El desconocimiento del tratamiento térmico en el secado de los residuos de Maracuyá influyen en el contenido y calidad de los nutrientes e incrementa la producción de gases efecto invernadero (CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>) entérico en rumiantes?

### **1.3 Justificación.**

Benavides y León (2007) mencionan que algunos GEI surgen naturalmente, pero son influenciados directa o indirectamente por las algunas actividades humanas, y que otros son totalmente antropogénicos. Los principales gases que se originan naturalmente son: vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Mientras que los GEI antropogénicos son: clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC) (a los que se denomina colectivamente halocarbonos), y las especies totalmente fluorinadas, como el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

Según Gerber *et al.*, (2013) una fuente importante de gases de efecto invernadero en el mundo es la ganadería. Se estima que estos animales contribuyen entre el 7 y 18% de las emisiones totales. La actividad ganadera tiende a incrementar la producción de carne y leche, en forma acelerada y sostenible, para garantizar la demanda de la población, la conservación de los recursos del ambiente, al utilizar de forma básica insumos químicos, para reducir la contaminación y destrucción del medio natural. Incorporando leguminosas se presentan ventajas nutricionales, y productivas, versatilidad en componentes utilizados (Rojas *et al.*, 2005).

La necesidad de encontrar alternativas para revalorizar los residuos agroindustriales de la planta industrial Planhoba encamina esfuerzos de investigadores para establecer tecnologías de fácil aplicación y la optimización de sus recursos. Ya que, las opciones de disposición de residuos agroindustriales en botaderos de basura traen como consecuencia la subutilización del valor nutricional y económico presente en los residuos, por tanto, la revalorización de residuos agroindustriales provocaría un impacto positivo ambiental y un beneficio económico para la empresa.

La Asamblea Nacional (2008) en la Constitución Política del Ecuador, señala en el artículo 14 el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, por lo que se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados, por lo que en el artículo 15 el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

Por estas razones, se plantea estudiar la influencia de residuos provenientes de la industrialización del maracuyá (*Passiflora edulis*) generados en la Planta Hortofrutícola Ambato (PLANHOFA), para incluirlas en dietas balanceadas para bovinos con el propósito de disminuir la generación de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>, ya que no existe el aprovechamiento de estos residuos y la mayoría se desecha, lo que produce, por un lado, contaminación ambiental y, por otro, la pérdida de subproductos que proporcionen un valor agregado.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo General***

- Evaluar el efecto de la temperatura de secado en los residuos de Maracuyá (*Passiflora edulis*) sobre cinética de degradación y mitigación de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> entérico.

#### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

- Caracterizar física y químicamente los residuos de maracuyá.
- Evaluar el efecto de las temperaturas de secado de los residuos de maracuyá sobre la cinética de degradación ruminal in situ.
- Determinar el material incubado y residual de Maracuyá sobre la mitigación de gases efecto invernadero (CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>) entérico.

#### **1.5 Hipótesis**

La utilización de los residuos de *Passiflora edulis* en la alimentación de rumiantes puede reducir la producción de gases efecto invernadero (CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>) entérico.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1 La ganadería en el Ecuador

En el Ecuador la producción ganadera ocasiona un impacto ambiental, por ejemplo, para obtener un suelo apto para los pastizales se debe extender la frontera agrícola, lo que incentiva la deforestación y la degradación de los suelos, ocasionando la sedimentación, erosión y reducción de captación de agua, disminuyendo la biodiversidad de especies y los recursos ambientales, debido a que conlleva a elaborar embalses de agua para el riego, alterando las fuentes de aguas, ya sean subterráneas o superficiales por la filtración, además produce un impacto en el suelo mediante la toxicidad y saturación con minerales, y emanación de amoníaco al aire, olores y gases de efecto invernadero, ocasionados por los residuos que produce la ganadería (Silva *et al.*, 2016).

La federación nacional ganadera del Ecuador menciona que cada año se destina 760.000 cabezas de ganado para la producción de 300 millones de libra de carne bovina; el 70% proviene de la producción de la costa y el 30% restante de la sierra y amazonia (Mestanza & Velasco, 2015). Además, podemos tomar en cuenta que, según declaraciones de la Subsecretaría de Ganadería del MAGAP, en el 2017 se podrá exportar aproximadamente USD 65 millones, en carne de res (Astudillo, 2017).

Es necesario mencionar que la calidad y nivel de productividad está relacionada con los tipos de insumos utilizados en la alimentación del ganado bovino; la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales, basa la alimenticia del ganado bovino, en pastos y forrajes propios de la zona, los cuales se ven influenciados por las variantes climáticas, suelos pobres en nutrientes, entre otros factores, que disminuyen su calidad, y afectan el nivel nutricional de los bovinos, disminuyendo la producción.

La concentración y composición de la ecología ruminal a través de la acción directa o indirecta sobre el pH y la tasa de pasaje del contenido ruminal son influenciadas por el tipo de alimentación, el nivel energético y nitrogenado de la ración (Carmona, 2007). Además de la estrecha relación que existe entre la producción de GEI, y la variedad de alimento que se suministra a los bovinos, debido a que en el rumen existe la presencia de los protozoos, bacterias y hongos, siendo los responsables de la

digestión de la mayoría de los nutrientes, principalmente de los carbohidratos complejos de la pared celular de los vegetales; por este motivo se realizó un estudio donde se determinó la calidad nutritiva del follaje de diversas plantas tropicales, considerando el nivel de producción de gas metano y la población de protozoos ruminales (Galindo *et al.*, 2014).

Entre las dietas ricas en concentrado y dietas forrajeras presentan grandes diferencias; dietas concentradas con bajos niveles de fibra, la población bacteriana es mayor, con poblaciones aminolíticas donde predominan bacterias del tipo Selenomonas, Peptostreptococci y Lactobacilli; mientras que las dietas forrajeras favorecen el establecimiento de una flora fibrolítica, la misma que constituye un grupo de microorganismos capaces de procesar las paredes celulares de las plantas, donde predominan bacterias del género Butyrivibrio spp. (McAllister *et al.*, 1993).

La alimentación a base de concentrado suele acelerar la digestión y la producción de ácidos, por lo que el medio se acidifica y se disminuye las poblaciones celulolíticas y metanogénicas que son más sensibles al pH ácido (Van Soest, 1982). Los principales nutrientes que se consideran para el crecimiento de los microorganismos ruminales son la proteína bruta y los hidratos de carbono, esta fermentación de las proteínas en el rumen aporta nitrógeno amoniacal aminoácidos, esqueletos carbonados y energía en forma de Adenosín trifosfato (ATP) para la síntesis de proteína microbiana. Es indiscutible que el abastecimiento de dietas que aportan elementos carbonados como nitrogenados, contribuirán a una mejor utilización de los nutrientes para los procesos metabólicos y productivos de los animales en crecimiento (Stern *et al.*, 1994).

En la producción del GEI, es esencial disminuir el consumo de energía del animal, tomando en cuenta los factores responsables de los niveles de producción de metano. Uno de los factores es la cantidad de carbohidratos fermentados en el retículo y rumen, en las interacciones dieta-animal, y la tasa de pasaje; otro factor es la formación de ácidos grasos volátiles (AGV's), la cual regula la producción de hidrógeno y la subsecuente producción de metano (Jouany *et al.*, 1994).

## **2.2 Funciones ruminales**

Los rumiantes son capaces conseguir nutrientes a partir de carbohidratos estructurales y de emplear fuentes de nitrógeno no proteico, por lo que son animales poligástricos, los microorganismos presentes en el rumen producen la fermentación de los carbohidratos y demás nutrientes, debido a esta actividad se producen los ácidos grasos, produciendo el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) producto de la

excreción de nitrógeno que no fue asimilado, siendo los principales ácido acético y butírico, además provocan los gases de desecho como el CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>, conocidos como GEI, lo que conlleva a una gran reducción de energía (Johnson y Johnson, 1995).

La alimentación de los bovinos en las zonas tropicales y subtropicales se basa generalmente en dietas forrajeras, debido a la degradación de las paredes celulares de las plantas por parte de los rumiantes en procesos fermentativos es eficiente, producto de la acción directa de los microorganismos de la flora ruminal, que producen enzimas fibrolíticas en una cámara cerrada anaerobia; sin embargo, la digestibilidad de la fibra en el rumen no es total, ya que en las heces bovinas se ha encontrado residuos de fibra digerible, por esta razón se investigan opciones que aumenten la degradación de los nutrientes, mediante la manipulación de la ecología ruminal (Krause *et al.*, 2003).

### **2.3 Degradación y digestibilidad ruminal**

Los principales sustratos degradados por los microorganismos ruminales son las proteínas y los carbohidratos, de los cuales se adquiere la energía y combinación nitrogenada para el mantenimiento, crecimiento y producción del animal.

Los bovinos mantienen un óptimo funcionamiento ruminal, ya que su principal fuente de energía son los carbohidratos. Los cuales están conformados por carbohidratos no estructurales o no fibrosos, que no forman parte de la estructura vegetal (hidratos de carbono de reserva, ácidos orgánicos y azúcares simples). Las enzimas típicas de los rumiantes no son aptas por si solas de degradar los carbohidratos fibrosos, por tanto, los microorganismos ruminales serán los encargados en producir enzimas que logren degradar estos carbohidratos, y carbohidratos estructurales o fibrosos (celulosa, hemicelulosa y peptina), siendo los elementos que comprenden la pared celular a excepción de la lignina, que no logra ser degradada de manera correcta.

La población de los microorganismos, al producirse un cambio en la dieta tiene que adaptarse al medio y al tipo de nutrientes que lo conforman. El mayor problema se obtiene al suministrar a los animales que se alimentan de dietas forrajeras, grandes cantidades de concentrados. En un principio, por efecto de la reducción en el pH, ausentan las bacterias aprovechadoras de lactato, y las amilolíticas son remplazadas por otras bacterias fabricadoras de lactato, llevando a una disminución del pH más grave, y una acidosis láctica. Pero al adaptarse, las bacterias formadoras de lactato, y las utilizadoras

se equilibran, prácticamente no se detecta ácido láctico en el contenido ruminal (Dehority y Orpin, 1997).

## **2.4 Producción de gas metano en rumiantes y su impacto sobre el calentamiento global**

Los gases de efecto invernadero o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. En la atmósfera de la tierra, los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua ( $H_2O$ ), el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), el óxido nitroso ( $N_2O$ ), el metano ( $CH_4$ ) y el ozono ( $O_3$ ) (Benavides y León 2007).

Bonilla *et al.*, (2012) señala que el  $CH_4$  pertenece al grupo de gases de efecto invernadero (GEI), conjuntamente con: bióxido de carbono ( $CO_2$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos, (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ). Estos gases poseen moléculas con dos o más átomos que se mantienen unidos con suficiente espacio entre sí para poder vibrar cuando absorben calor; eventualmente la molécula que vibra libera radiación y ésta será posiblemente absorbida por otra molécula de GEI. A este proceso de mantener calor cerca de la superficie de la tierra, se le conoce como efecto invernadero. Los GEI son liberados a la atmósfera tanto por fuentes naturales como antropogénicas. La cantidad de GEI liberados mediante la actividad humana se ha incrementado de manera significativa en los últimos años, lo cual está generando el efecto invernadero natural y el cambio climático global. La agricultura y la producción pecuaria contribuyen a las emisiones antropogénicas de  $CH_4$ ,  $CO_2$  y  $N_2O$  a la atmosfera. Por estos motivos se están encaminando esfuerzos a reducir las emisiones y prevenir el calentamiento global, y proteger el sistema climático natural del planeta, y se considera que los sistemas de producción animal sostenibles deben propender por una menor producción de  $CH_4$ .

La generación de metano por los rumiantes se produce de manera natural debido al proceso digestivo, pero provocan una pérdida de energía y contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero, la metanogénesis ruminal está influenciada por factores, entre los que destacan: consumo de alimento, composición, digestibilidad de la dieta y adecuado procesamiento previo del alimento. Entre las estrategias para mitigar las emisiones de  $CH_4$  que se han propuesto, la manipulación dietético-nutricional parece ser la de mayor potencial, simplicidad y factibilidad (Bonilla y Lemus 2012).

Beauchemin *et al.*, (2007), asevera que, los rumiantes contribuyen con el 18 % del CH<sub>4</sub> total producido en el mundo este proceso ocurre en la fermentación, el dihidrógeno (H<sub>2</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) utilizados por los microorganismos del rumen, para generar CH<sub>4</sub>, que es liberado al exterior por el eructo y la expiración. El metano producido por los bovinos se encuentra entre el 5,5 a 6,5 % de la energía que aportan los alimentos y es utilizado para incrementar la temperatura corporal. (Berra *et al.*, 1999). Los rumiantes al tener un complejo sistema digestivo poseen la capacidad de aprovechar y convertir material fibroso en alimentos de calidad nutritiva, debido a las características de este sistema digestivo produce CH<sub>4</sub>, GEI que contribuye con aproximadamente el 18% del calentamiento de la Tierra (Carmona *et al.*, 2005).

## **2.5 Alternativas para disminuir las emisiones de metano**

Las técnicas que se emplean y que pueden disminuir la cantidad de CH<sub>4</sub> producido por los rumiantes o la liberación total de metano en la atmosfera, se ha puesto mayor énfasis en el uso adecuado del alimento por el animal y haciendo el medio ambiente más favorable para los microorganismos ruminales (Shibata y Terata, 2010; Naqvi y Sejian, 2011). Se debe considerar diversos factores para la elección de las mejores alternativas que permitan la reducción del metano abarcando: factores climáticos, técnicos, económicos, prácticas de manejo del estiércol, requerimientos regulatorios, recursos materiales, etc (Gworgwor *et al.*, 2006). Mientras que otros autores expresan que las estrategias a considerar para la disminución del CH<sub>4</sub> en los rumiantes son el aspecto nutricional (Yan *et al.*, 2000; Lovett *et al.*, 2005; Shibata y Terata, 2010), los avances biotecnológicos (Sejian *et al.*, 2011; Shibata y Terata, 2010) y el tipo de explotación (DeRamus *et al.*, 2003).

Las emisiones del GEI provenientes de los rumiantes pueden cambiar de acuerdo a una serie de elementos involucrados, tales como: adición de lípidos o ionoforos en la dieta, el nivel de ingestión, procesado del alimento, alteraciones en la microflora ruminal (Johnson y Johnson, 1995; Carmona *et al.*, 2005; Kelliher *et al.*, 2007), temperatura ambiental, tipo y calidad de los alimentos (Shibata y Terata, 2010).

## **2.6 Estrategias de manejo**

Los países europeos cuantifican las emisiones de GEI usando el método LCA (A life cycle assessment evaluación, por sus siglas en ingles) expresados en kg de CO<sub>2</sub> por kg de peso vivo por año en un sistema típico de producción de carne de vaca irlandesa. La metodología LCA se puede utilizar para

decidir si una estrategia de gestión reducirá las emisiones de GEI o las transferirá a otra parte de la canasta de emisiones. , (Casey y Holden, 2006).

La disminución práctica de las emisiones del GEI dependerá de la selección de animales que tienen bajas emisiones por unidad de alimento ingerido y la mejora del manejo alimenticio. Mientras, Sejian *et al.*, (2011) y Naqvi y Sejian (2011) expresan que las estrategias para disminuir las emisiones CH<sub>4</sub> proveniente de los rumiantes pueden ser las siguientes:

- mejorar la nutrición
- manejo de los pastos
- mejorar la selección genética
- reducir la población de ganado
- reducción de la manufactura de productos para el ganado
- emplear la inmunización y tecnología recombinante
- incrementar los alimentos concentrados
- modificar la dieta alimenticia (amonio y melaza)
- suplementación con grasas e ionóforos
- defaunación.

Los sistemas por implementar deben ser adecuados de acuerdo a si el ganado está en confinamiento, pastoreo o semiintensivo. Se ha evidenciado un factor importante el cual debe ser considerado, que los métodos o alternativas para reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> difieren unas de otras (Lassey, 2007). Thornton y Herrero (2010) expresa que, para aplacar el problema, no es necesario reducir la emisión de metano asociado a la explotación ganadera, se debe identificar la producción del GEI procedentes de la explotación que en su mayoría se asocia a una mala práctica de alimentación y el pastoreo de los animales.

## **2.7 El maracuyá**

Ecuador es uno de los principales productores mundiales del maracuyá (*Passiflora edulis*). El fruto del maracuyá, conocido colonialmente como maracuyá genera jugo y una serie de residuos. La cáscara constituye aproximadamente el 52 % del peso de la fruta y queda como residuo en la extracción del zumo y tienen gran potencial en alimentación animal, tal y como indican Otagaki y Matsumoto (1958). Almeida (2002) clasifica al maracuyá dentro del género *Passiflora* que incluye

alrededor de 500 especies, aunque el maracuyá (*Passiflora edulis*) es la más conocida. Su clasificación taxonómica es la siguiente (Tabla 1-2)

**Tabla 1-2:** Clasificación taxonómica del maracuyá

<b>División:</b>	Espermatofita
<b>Subdivisión:</b>	Angiosperma
<b>Clase:</b>	Dicotiledonea
<b>Subclase:</b>	Arquiclamidea
<b>Orden:</b>	Passiflorales
<b>Suborden:</b>	Flacourtiinae
<b>Familia:</b>	Passifloraceae
<b>Género:</b>	Passiflora
<b>Especie:</b>	Edulis
<b>Variedad:</b>	Purpúrea y Flavicarpa

Fuente: Almeida (2002)

El maracuyá es una planta de hábito trepador, de rápido desarrollo, leñosa y perenne, que puede alcanzar hasta 10 m de largo; las hojas son simples, alternas, con estípulas y un zarcillo en la axila, con márgenes aserrados; las flores son solitarias y axilares, fragantes y vistosas (Bernacci *et al.*, 2008).

El cultivo de maracuyá requiere de un pH entre 5,5 y 7,0, además precisa suelos sueltos, bien drenados, sin problemas de salinidad. Preferentemente suelos francos arenosos, con buena capacidad de retención de humedad (Castro *et al.*, 2010).

El fruto del maracuyá es una baya esférica, globosa o elipsoide, que pesa hasta 190 g y puede medir hasta 10 cm de diámetro, de color amarillo o purpúreo, con una pulpa muy aromática (Galindo *et al.*, 2000). De unos 3 mm de espesor, lisos, cerosos y de consistencia dura; el pericarpio es grueso, contiene de 200-300 semillas, cada una rodeada de una membrana mucilaginoso que contiene un jugo aromático. El maracuyá se la emplea en la elaboración de jugos, mermeladas, helados, etc., en América y Europa tiene otros usos no convencionales como sedante y tranquilizador. (Silva *et al.*, 2013). Este cultivo se ha extendido en América y otros continentes, siendo nativa de Brasil y se la conoce como passion fruit. La *Passiflora edulis* es la principal especie del género, debido a que sus frutos son comercializados como fruta fresca y procesada en mercados nacionales e internacionales

(Lima y Cunha, 2004). El maracuyá es comercializada principalmente como fruto fresco, y se emplea para preparar dulces, refrescos, helados entre otros; sin embargo, el jugo de maracuyá industrializado ha experimentado un aumento progresivo en su consumo los últimos años. El incremento de la producción y su propagación ha ocasionado la producción de un residuo industrial que contiene principalmente cáscara y semilla, convirtiéndose un problema ambiental y posiblemente la base de otro proceso productivo en la alimentación animal (Espinoza *et al.*, 2017) bajo el marco de la economía circular (Murillo *et al.*, 2017). Lousada *et al.* (2006) calcula, que el residuo de jugo de maracuyá contiene un 40% del total de la fruta. La separación de bagazo, cáscara y semillas en el tratamiento industrial de pulpa de maracuyá produce una cantidad notable de desechos (Zeraik *et al.*, 2010; Gerola *et al.*, 2013).

Las exigencias agroecológicas del cultivo son las siguientes: (**Tabla 2-2**)

**Tabla 2-2:** Exigencias agroecológicas del cultivo

<b>Clima:</b>	Cálido, subcálido
<b>Temperatura:</b>	21-25° C.
<b>Humedad:</b>	80% - 90%.
<b>Pluviosidad:</b>	1000 - 1800 mm.
<b>Altitud:</b>	0 - 1600 msnm.
<b>Formación ecológica:</b>	Bosque seco tropical (BS-T) bosque húmedo tropical (BH-T)

Fuente: Ecofinsa (2016)

## 2.8 Producción de maracuyá en el Ecuador.

El rendimiento promedio del cultivo de maracuyá es alrededor de 14 Tm/Ha, de alrededor de 28 mil hectáreas cultivadas existentes en Ecuador. Se cultiva la variedad *Passiflora edulis flavicarpa* (fruta color amarillo) de preferencia, ya que presenta una mayor producción por hectárea y es conveniente para el desarrollo. Existen varios factores que pueden mermar el rendimiento de la cosecha, tales como el clima, el suelo, espacio de siembra, y controles fitosanitarios. Se estima que para el primer año en una plantación bien administrada se puede obtener un rendimiento por hectárea de 8 – 10 toneladas, de 15 – 20 toneladas en el segundo año y 12 – 14 toneladas en el tercer año. Las densidades pueden variar de 475 – 660 plantas por hectárea. Requiere una temperatura óptima de 26°C, con un rango entre 21 – 32°C. El ciclo de cultivo oscila alrededor de 8 – 9 meses, comenzando la producción

a partir del noveno mes. Siendo Los Ríos la provincia donde se concentran la mayor producción y hectáreas sembradas de maracuyá, alcanzando 11 Tm/Ha, seguida de Manabí, Guayas, Esmeraldas. Mientras que para las demás provincias se obtiene alrededor de 3.76, 3.98 y 6.12 Tm/Ha en una superficie de casi 900 Ha. existiendo zonas potenciales que se encuentran localizada en la costa ecuatoriana, correspondientes a las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí es la provincia con mayor producción de frutas cítricas, representando el 38% del total de producción nacional (Andino e Hidalgo, 2011).

## **2.9 Subproductos de procesamiento del maracuyá.**

Los subproductos de la cáscara de fruta fresca que es desechado mientras transcurren el procesamiento de extracción del jugo corresponden a 100g por 50 – 55g de la cascara de maracuyá (Kulkarni y Vijayanand, 2010). El subproducto del maracuyá comprende cáscara y semillas. Las semillas, es de gran importancia para su uso en la alimentación animal por su contenido de aceite. Mientras que aproximadamente el 62,10% de la fruta representa la cascara y es rica en pectina y minerales. En el procesamiento del jugo de maracuyá se aprovecha de 100g del fruto aproximadamente 73,72g; el 43,37% de cáscara, el 41% de pulpa, 14,82% de semilla y (Aular y Rodríguez, 2003).

El uso subproductos de maracuyá, en la nutrición animal es una alternativa para disminuir los costos de producción ganaderos, ya que es una fuente rica de nutrientes para los animales. El uso de fuentes alternativas, no tradicionales puede contribuir a eliminar los períodos de escasez de forraje y permitir que los animales mantengan su producción.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo de Investigación

##### 3.1.1 Investigación Correlacional

Relaciona variables medibles como la degradación, digestibilidad y la producción de gas invitro. El problema y las hipótesis están planteadas en forma de valorar las respuestas de una variable frente a los valores lo que permitió recabar la información acerca de la influencia de los residuos de Maracuyá sobre la mitigación de los gases de efecto invernadero.

#### 3.2 Diseño de la Investigación

##### 3.2.1 Experimental

La investigación fue de carácter experimental ya que se utilizó tratamientos los cuales consistían en la aplicación de diferentes temperaturas (60, 90, 120, 150°C) para el secado de los residuos de maracuyá

#### 3.3 Métodos de investigación

##### 3.3.1 Ubicación del ensayo

La presente investigación se realizó 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.

Los trabajos *in vitro* fueron realizados en el laboratorio de Ruminología, la caracterización fisicoquímica en el laboratorio de Análisis de suelos y aguas y la investigación *in situ* en el establo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

### ***3.3.2 Caracterización del lugar***

Según la Estación Meteorológica de primer orden ubicada en la Granja Experimental Docente Querochada, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, los datos meteorológicos de los años 2005 al 2009, expresan que esta zona es templada, con temperatura media de 12,5°C, y precipitación anual de 600 mm, humedad relativa de 77% y velocidad de viento de 4,2 m/s.

### ***3.3.3 Obtención de residuos de Maracuyá***

La muestra para esta investigación se obtuvo de la planta hortofrutícola Ambato (PLANHOFA), de los residuos industriales generados inmediatamente después de la elaboración de jugos, mermeladas, concentrados.

### ***3.3.4 Pretratamiento de residuos de Maracuyá***

Las muestras fueron secadas en estufa a 4 diferentes temperaturas (60, 90, 120, y 150 °C) hasta alcanzar aproximadamente 87 +/- 1% de materia seca. Posteriormente se molieron en un molino de cuchillas Fritch con tamaño de partícula de 0,5 a 1 mm.

### ***3.3.5 Caracterización fisicoquímica y bromatológica de residuos de Maracuyá***

En la caracterización fisicoquímica y bromatológica de los residuos de Maracuyá (*Passiflora edulis*) secados a diferentes temperaturas y posteriormente molidos, se determinaron los contenidos de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas y proteína bruta (PB), de acuerdo con los métodos descritos por Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990), fibra neutra detergente (FND), con el procedimiento de ANKOM Technology (Macedon, NY, EUA). Para la cuantificación de: K, Cu, Fe, Mn, Zn, K, Ca, Mg se utilizó la técnica de Absorción atómica, Para el análisis de fósforo se utilizó método colorimétrico UV-VIS.

### 3.3.6 Degradación ruminal de nutrientes *in situ*

La degradación ruminal *in situ* de los nutrientes fue estimada siguiendo la metodología de la bolsa de nylon (0.42  $\mu$ ) en el rumen descrita por (Orskov *et al.*, 1980). En cada toro (n=6) una bolsa que contiene 5g de Maracuyá de cada dieta fue incubada a los siguientes tiempos (horas) 3, 6, 12, 24, 48 y 72h. Al finalizar las 72 h las bolsas fueron removidas, lavadas con agua destilada y secadas a 60 °C. Las bolsas empleadas para medir la pérdida por lavado (0 h), no se incubarán en el rumen y sólo se lavarán con agua corriente. Los residuos se almacenaron en bolsas de polietileno a - 4 °C hasta su posterior análisis en el laboratorio. La desaparición de los nutrientes se calculó como una proporción del material incubado y residual. Los datos en la ecuación exponencial para la cinética de degradación ruminal de nutrientes ecuación (1-3) y la degradación efectiva ecuación (2-3) considerando una tasa de pasaje (k) de 0.02, 0.05 y 0.08% (Orskov y McDonald, 1979).

$$Y = a + b * (1 - e^{-ct}) \quad \text{Ecuacion1. Degradación ruminal}$$

$$\text{Degradación efectiva} = \frac{a+(b*c)}{(c+k)} \quad \text{Ecuación 2. Degradación efectiva}$$

Dónde:

Y = Porcentaje de degradación acumulada en un tiempo t %.

a = Intercepto de la curva de degradación cuando t=0 (de degradabilidad inicial %)

b = Fracción potencialmente degradada en el rumen

c = Tasa de degradación, (% horas).

t = Tiempo de incubación en el rumen, (horas).

e = Base de los logaritmos naturales

k = tasa de flujo de las partículas del rumen

### 3.3.7 Producción de gas *in vitro* y digestibilidad *in vitro*

Para estas pruebas, el contenido del rumen (líquido y la fracción sólida) se obtuvo de forma separada de cada animal (bovino por tratamientos). El contenido ruminal fue colectado antes de la alimentación en la mañana y se almacenó en recipientes plásticos, los cuales fueron transportados al laboratorio para ser procesados dentro de la primera hora de la recolección. La preparación de los medios ricos en nitrógeno (saliva artificial) se realizó según lo descrito por el autor (Menke y Steingass 1988). La

producción de gas, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> se estableció mediante la metodología descrita por el autor (Theodorou *et al.*, 1994), prueba que consiste en colocar 0.500 mg de muestra de Maracuyá seca a las temperaturas T1, T2, T3 y T4 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 CO<sub>2</sub>. Las botellas se incubaron entre 39 – 40 °C. La medición de la presión de gas y el volumen se tomó de manera manual a los siguientes periodos de 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. La producción de metano y CO<sub>2</sub> se cuantificó con un analizador de GAS Detección, modelo GX – 6000, UK. Para cada tratamiento se utilizó 6 botellas en cada dieta por cada líquido de las tres dietas suministradas, en cada tiempo y tres botellas adicionales se emplearon como blancos. Adicionalmente, seis frascos más por cada tratamiento fueron incubados hasta las 48 horas para estimar la digestibilidad in vitro de la MS y MO.

### **3.3.8 Diseño Experimental**

El diseño aplicado en la presente investigación es un diseño experimental de bloques completamente aleatorio, con cuatro tratamientos y 6 repeticiones. Todas las variables se analizaron según el diseño empleado mediante una ANOVA. La comparación de medias se evaluó con la prueba estadística Tukey al 95% de confianza, además se efectuó una transformación polinomial de los datos para observar el efecto lineal o cuadrático de los tratamientos.

### **3.3.9 Tratamientos**

**Tabla 1-3:** Tratamientos

<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Secado a 60° C</b>	<b>Secado a 90° C</b>	<b>Secado a 120° C</b>	<b>Secado a 150° C</b>

Realizado por: Buenaño, Marcia 2019

### **3.3.10 Análisis de Datos**

Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico INFOSTAT

### **3.4 Enfoque de la investigación**

La investigación al ser correlacional y experimental es de tipo cuantitativo esto es que debe ser lo más objetiva posible.

### **3.5 Alcance de la investigación**

En la presente investigación se pretende determinar la temperatura optima de secado de las muestras de cascara de maracuyá y su relación con las características físicas, composición química para ser incluidas en las dietas balanceadas para rumiantes sin afectar la digestibilidad, degradabilidad y producción de gases de efecto invernadero.

### **3.6 Población de estudio**

La población en estudio son los residuos de cascara del Maracuyá que genera la Planta hortofrutícola Planhofa.

### **3.7 Unidad de análisis**

La unidad de análisis fueron las características fisicoquímicas de la cascara del Maracuyá.

### **3.8 Selección de la muestra**

Los residuos de cascara de maracuyá se colocó sobre un mesón limpio, procediendo a homogenizar, se formó una pila, se aplanó y cuarteó en porciones iguales, de las cuales se descartó las dos diagonales opuesta, repitiendo el proceso hasta obtener ocho kilos de muestra fresca para los respectivos análisis.

### **3.9 Tamaño de muestra**

Se utilizo dos kilos de muestra fresca por cada uno de los tratamientos para realizar la investigación.

### **3.10 Técnicas de recolección**

#### ***3.10.1 Datos primarios***

Se obtuvo a través de la observación directa para percibir activamente la realidad exterior con el propósito de obtener los datos que previamente han sido definidos de interés para la investigación, también con entrevistas a expertos en el área.

#### ***3.10.2 Datos Secundarios***

Fueron observados a partir de información bibliográfica, artículos y revistas científicas.

### **3.11 Instrumentos de Recolección**

#### **Datos primarios y datos secundarios**

Se emplearon equipos como Estufa, Analizador Elemental, Absorción Atómica, transductor de presión.

#### **3.12 Instrumentos para procesar datos.**

Infostat, excel

## CAPÍTULO IV

### 4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### a) Caracterización fisicoquímica y bromatológica de residuos de Maracuyá

Las características fisicoquímicas y bromatológicas de los residuos de maracuyá expuestas a temperaturas secado de 60, 90, 120 y 150°C durante 4.5, 12, 30 y 75 horas se presentan en la tabla 1-4 donde se puede apreciar que la mayoría de parámetros evaluados el mayor porcentaje de concentración se obtiene con temperaturas de 150°C con un tiempo de secado de 4.5 horas, así tenemos que la proteína cruda tiene un valor de 29.8%, la fibra detergente neutra 59.2%, fibra detergente ácida 46.3%, fosforo 0.33%, potasio 2.03%, calcio 0.29%, magnesio 0.10%. Mientras que el cobre presenta un valor de 5 ppm a una temperatura de secado de 60°C en un tiempo de secado de 75 horas, el manganeso tiene un valor de 3 ppm a 60, 120 y 150°C en un tiempo de secado de 75, 120, y 4.5 horas respectivamente, el zinc alcanza su mayor contenido (10 ppm) a 150°C en 4.5 horas de secado.

**Tabla 1-4:** Tratamientos y composición química de la cascara de maracuyá (*Passiflora edulis*) expuesta a diferentes temperaturas de secado (todos los valores se expresan en % excepto donde se señala lo contrario)

	Cascara de maracuyá: Base fresca	Temperatura de secado en °C (Tratamientos)			
		60	90	120	150
TS (horas)*	0	75	30	12	4.5
MS	12.4				
MO	92.3				
PC		10.8	10.8	16.8	29.8
FDN		46.0	45.8	45.9	59.2
FDA		35.7	35.6	36.7	46.3
EB (kcal)		3,86	3,95	4,04	4,28
P		0,17	0,17	0,20	0,33
K		1,36	1,40	1,32	2,03
Ca		0,17	0,19	0,20	0,29
Mg		0,06	0,06	0,06	0,10
Cu (ppm)		5	3	2	3
Mn (ppm)		3	2	3	3
Zn (ppm)		9	7	7	10

---

\* TS: Tiempo de secado: horas que tardo para llegar a MS constante, MS: Materia Seca, MO: Materia Orgánica, PC: Proteína Cruda, FDN: Fibra Detergente Neutra, FDA: Fibra Detergente Acida, P: Fósforo, K: Potasio, Ca: Calcio, Mg: Magnesio, Cu: Cobre, Mn: Manganeso, Zn: Zinc.

Realizado por: Buenaño, Marcia 2019

b) Digestibilidad in vitro y cinética de degradación ruminal in situ

La digestibilidad de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, obteniéndose la mayor digestión en las muestras de maracuyá que se expuso a temperaturas de secado de 60, 90 y 120°C con valores de 75, 68 y 68.3 respectivamente. Misma digestibilidad presentó la MO con valores de 77.4, 70.1 y 70.4 ubicándose en el rango a. (Tabla 2-4).

Con respecto a la cinética de degradación ruminal de la MS se observó que tanto en la fracción soluble (A), fracción insoluble pero potencialmente degradable (B) y tasa de degradación en porcentaje por hora (C), fue mayor en las temperaturas de secado de 60, 90 y 120 °C respectivamente ( $P < 0.05$ ). En cuanto al potencial de degradación ruminal (A+B) y degradación efectiva (DE) a las diferentes tasas de pasaje ( $k$ ) en el rumen fue mayor ( $P < 0.05$ ) en los tratamientos con temperaturas de secado de 60 y 90 °C con valores de 71.9 y 73.2 respectivamente ubicándose en el rango a. (Tabla 2.4, Figura 1.4 A).

La degradación de fracción soluble (A) de la MO fue mayor en las muestras de maracuyá secadas a 60 °C (32%). Sin embargo, en la fracción insoluble pero potencialmente degradable (B) fue mayor ( $P < 0.05$ ) a los 90 °C de secado (42%). No obstante, la tasa de degradación ruminal (C), potencial de degradación (A+B) y degradación efectiva (DE) a las diferentes tasas de pasaje por el rumen ( $k$ ) se observó mayor degradación en las muestras de maracuyá secadas a 60 y 90 °C con valores de 69.9 y 70.8 respectivamente, ubicándose en el rango a ( $P < 0.05$ , Tabla 1.4 y Figura 2.4 B).

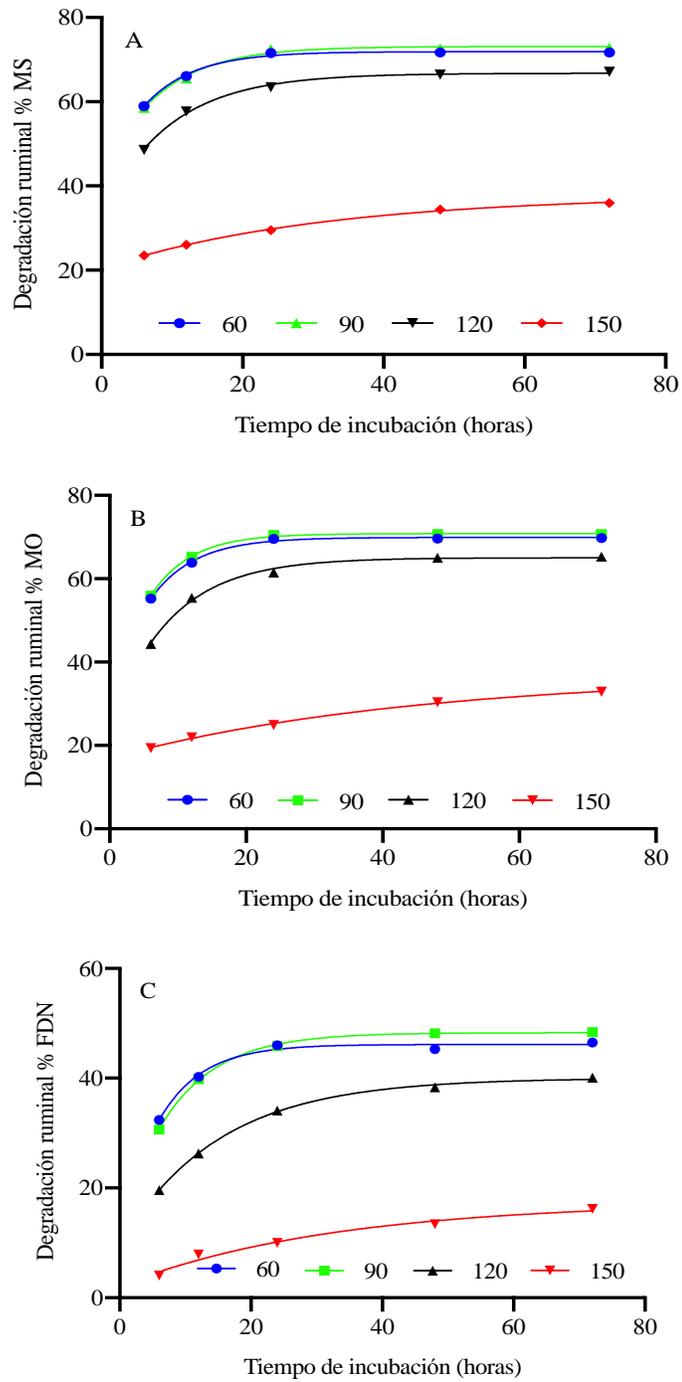
Con relación cinética de degradación ruminal de la Fibra Detergente Neutra (FDN) se obtuvo tanto para la fracción soluble (A), fracción insoluble pero potencialmente degradable (B), la tasa de degradación ruminal (C) y degradación efectiva (DE) a las diferentes tasas de pasaje ( $k$ ) la mayor degradación en las muestras de maracuyá secada a 60 y 90 °C ( $P < 0.05$ ). Mientras que para el potencial de degradación (A+B) se observó la mayor degradación a los 90 °C de temperatura de secado con un valor de 48.3 ( $P < 0.0001$ , Tabla 2.4 y Figura 1.4 C).

**Tabla 2-4:** Digestibilidad *in vitro* y cinética de degradación ruminal *in situ* de las muestras de *P. edulis* secada a diferentes temperaturas (todos los datos son expresados en % excepto donde se menciona lo contrario)

	Tratamientos (°C)				EEM	Valor <i>P</i>
	60	90	120	150		
Digestibilidad						
MS	75.0a	68.2 <sup>a</sup>	68.3 <sup>a</sup>	31.0b	4.07	<0.0001
MO	77.4a	70.1 <sup>a</sup>	70.4 <sup>a</sup>	29.9c	4.35	<0.0001
Degradación MS						
A	39.4a	39.3 <sup>a</sup>	32.7 <sup>a</sup>	20.3b	2.96	<0.0001
B	32.4a	33.8 <sup>a</sup>	34.1 <sup>a</sup>	18.1b	2.89	<0.0001
C	0.148a	0.136 <sup>a</sup>	0.106 <sup>a</sup>	0.030b	0.0182	<0.0001
A+B	71.9a	73.2 <sup>a</sup>	66.7b	38.5c	0.56	<0.0001
DE						
0.02 <i>k</i>	68.1a	68.7a	61.3b	31.2c	0.40	<0.0001
0.05 <i>k</i>	63.7a	63.9a	55.8b	27.2c	0.55	<0.0001
0.08 <i>k</i>	60.6a	60.5a	52.1b	25.4c	0.64	<0.0001
Degradación MO						
A	32.0a	28.7b	24.1c	16.9d	0.91	<0.0001
B	37.9b	42.0a	40.9ab	20.8c	1.13	<0.0001
C	0.157a	0.173a	0.115b	0.022c	0.0103	<0.0001
A+B	69.9a	70.8a	65.0b	37.7c	0.77	<0.0001
DE						
0.02 <i>k</i>	65.6a	66.4a	58.9b	27.5c	0.42	<0.0001
0.05 <i>k</i>	60.7a	61.3a	52.6b	23.1c	0.58	<0.0001
0.08 <i>k</i>	57.1a	57.4a	48.2	21.3c	0.68	<0.0001
Degradación FDN						
A	11.7a	11.5a	9.2b	2.0c	0.70	<0.0001
B	34.4a	36.7a	30.9b	15.3c	0.94	<0.0001
C	0.152a	0.125a	0.067b	0.030c	0.012	<0.0001
A+B	46.1b	48.3a	40.2c	17.4d	0.70	<0.0001
DE						
0.02 <i>k</i>	42.1a	43.0a	33.0b	11.4c	0.36	<0.0001
0.05 <i>k</i>	37.6a	37.5a	26.9b	7.9c	0.49	<0.0001
0.08 <i>k</i>	34.2a	33.7a	23.3b	6.3c	0.57	<0.0001

<sup>a,b,c,d</sup> Medias con letras diferentes entre filas difiere significativamente ( $P < 0.05$ ). A: fracción soluble, B: fracción insoluble pero potencialmente degradable, C: tasa de degradación en %/h, A+B: potencial de degradación, DE: degradación efectiva (*k*; tasa de flujo de las partículas del rumen en %/h), EEM: error estándar de la media.

Realizado por: Buenaño, Marcia 2019



**Figura 1-4** Degradación ruminal *in situ* de la MS (A), MO (B) y FDN (C) de la muestra de maracuyá (*P. edulis*) secada a diferentes temperaturas

Realizado por: Buenaño, Marcia 2019

c) Cinética de producción de gas, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> in vitro

Los parámetros de la cinética de producción de gas [GV (mL gas)] muestran diferencias entre tratamientos de secado de las muestras de maracuyá, habiéndose obtenido la menor producción de gas en las muestras secadas a 60, 90 y 120 °C con valores de 300.4, 346.6 y 301 mL gas/0.500g de MS Fermentable, mientras que las muestras de cascara secada a 150 °C presentan una producción de gas de 494,4 mLgas/0.500g de MS Fermentable (Tabla 3.4 y Figura 2.4 A).

**Tabla 3-4:** Cinética de producción de gas, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> *in vitro* (mL/0.500g de MS Fermentable) de la cascara de *P. edulis* secada a diferentes temperaturas.

	Tratamientos (°C)				EEM	Valor <i>P</i>
	60	90	120	150		
GV (mL gas)	300.4b	346.6b	301.0b	494.4 <sup>a</sup>	19.94	<0.0001
<i>B</i>	13.3b	15.1b	18.7b	43.8 <sup>a</sup>	6.62	0.0001
<i>C</i>	1.20a	1.13ab	1.02b	0.74c	0.044	<0.0001
GV (mL CH <sub>4</sub> )	24.9b	31.4 <sup>a</sup>	30.3 <sup>a</sup>	29.7 <sup>a</sup>	1.46	0.0002
<i>B</i>	24.8b	26.1b	33.0ab	41.8 <sup>a</sup>	3.30	<0.0001
<i>C</i>	1.88a	1.73 <sup>a</sup>	1.84 <sup>a</sup>	1.88 <sup>a</sup>	0.088	0.3360
GV (mL CO <sub>2</sub> )	84.2c	108.5b	102.4b	146.9 <sup>a</sup>	4.88	<0.0001
<i>B</i>	19.3b	21.6b	27.5b	48.0a	5.36	<0.0001
<i>C</i>	1.30a	1.30 <sup>a</sup>	1.21ab	1.09b	0.061	0.0110
% CH <sub>4</sub> TGP1	8.2b	9.0ab	10.1ab	16.0a	0.53	<0.0001
% CO <sub>2</sub> TGP2	28.0a	31.2 <sup>a</sup>	34.5 <sup>a</sup>	29.9 <sup>a</sup>	2.47	0.0980

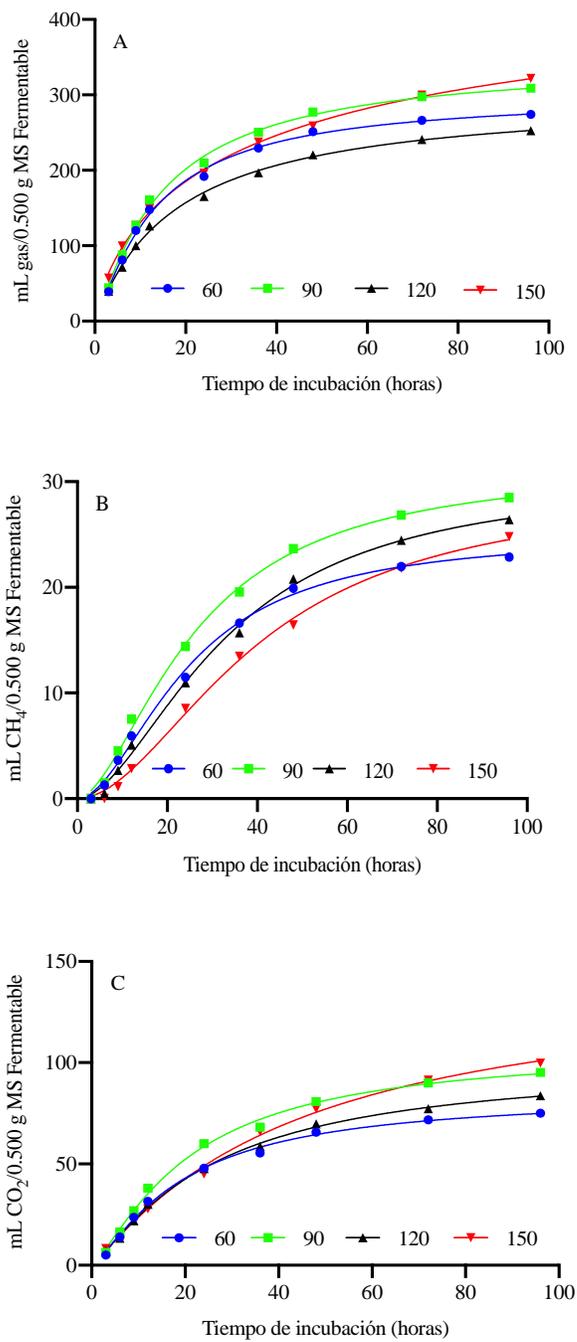
a,b,c Medias con letras diferentes entre filas difiere significativamente ( $P < 0.05$ ). GV (mL/0.500g MS Fermentable), *B* (asíntota de producción de gas) y *C* (tasa de producción de gas (%/h) son los parámetros de la ecuación:  $\text{mL gas} = \text{GV} (1 + (\text{B}/\text{t})\text{C}) - 1$  (Groot et al., 1996). 1 % de CH<sub>4</sub> del total de gas producido. 2 % de CO<sub>2</sub> del total de gas producido. EEM: error estándar de la media.

Realizado por: Buenaño, Marcia 2019

Con respecto a la cinética de producción de [GV (mL CH<sub>4</sub>)], a través de las pruebas inferenciales aplicadas, se determinó que existen diferencias estadísticas en las medias de dicho parámetro entre los tratamientos registrándose la mayor producción de CH<sub>4</sub> en los casos donde las muestras de cáscaras que fueron secadas a 90, 120 y 150oC presentan valores promedio de 31.4, 30.3 y 29.7 mL CH<sub>4</sub>. Mientras que el tratamiento de secado a 60oC presentó menor generación de gas CH<sub>4</sub> (24.9 mL CH<sub>4</sub>), tabla 3.4 y figura 2.4 B.

En la cinética de producción de gas [GV (mL CO<sub>2</sub>)] se obtuvo diferencias entre los tratamientos de secado de la cascara de maracuyá mostrando la menor producción de CO<sub>2</sub> en las muestras secadas a 60 °C con un valor de 84.2 mL CO<sub>2</sub>. Mientras que las muestras secadas a 150oC presentaron la mayor producción de gas con un valor de 146.9 mL CO<sub>2</sub> (Tabla 3.4 y Figura 2.4 C).

En el porcentaje total de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> producido (% CH<sub>4</sub> TGP1 y % CO<sub>2</sub> TGP2) observamos que hay diferencias estadísticas entre los tratamientos de secado de las muestras de maracuyá obteniendo el menor valor de % CH<sub>4</sub> TGP1 el tratamiento de secado a 60oC con un valor de 8.2 de CH<sub>4</sub>. Mientras que con relación al % CO<sub>2</sub> TGP2 no presentan diferencias estadísticas en los tratamientos al someter las muestras a diferentes temperaturas de secado (Tabla 3-4)



**Figura 2-5 Producción de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> de la cascara de maracuyá (*P. edulis*) secada a diferentes temperaturas**

Realizado por: Buenaño, Marcia 2019

d) Caracterización fisicoquímica y bromatológica de residuos de Maracuyá

De acuerdo a los resultados obtenidos de las muestras de cáscaras de maracuyá expuestas a temperaturas secado de 60, 90, 120 y 150°C durante 4.5, 12, 30 y 75 horas se puede apreciar que las mejores características fisicoquímicas se obtuvo con temperaturas de 150°C con un tiempo de secado de 4.5 horas, así tenemos que la proteína cruda tiene un valor de 29.8%, la fibra detergente neutra 59.2%, fibra detergente ácida 46.3%, fosforo 0.33%, potasio 2.03%, calcio 0.29%, magnesio 0.10%. Mientras que el cobre presenta un valor de 5 ppm a una temperatura de 60°C en un tiempo de secado de 75 horas, el manganeso tiene un valor de 3 ppm a 60, 120 y 150°C en un tiempo de secado de 75, 120, y 4.5 horas respectivamente, el zinc alcanza su mayor contenido (10 ppm) a 150°C en 4.5 horas de secado.

e) Digestibilidad *in vitro* y cinética de degradación ruminal *in situ*

En base a los resultados obtenidos de las muestras de cascara de maracuyá expuesta a las diferentes temperaturas (60,90,120 y 150°C) se presentaron valores superiores de digestibilidad de MS y MO (75 y 77%), la degradación de MS (39.4%), MO (32%) y FDN (11.7%) en el tratamiento donde se utilizó una temperatura de secado de 60 °C , lo que puede estar relacionado a los cambios que experimenta la cascara de maracuyá al ser sometida a diferentes temperaturas de secado, pudiendo no afectar el contenido de polisacáridos de reserva, influyendo a su vez, en una mayor digestibilidad, degradación debido a que el almidón al ser un polisacárido de reserva para los vegetales, al ingresar como dieta alimenticia de los rumiantes es principalmente abordado por bacterias amilolíticas que lo fracciona para consumir glucosa y elaborar AGV especialmente propionato(Relling y Mattioli 2003), mientras Nsahlai et al (1995), expresa que el contenido de fibra en la alimentación ruminal está relacionada en la producción de gas y la digestibilidad.

f) Cinética de producción de gas, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> *in vitro*

La menor producción de gas, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> *in vitro* se observó en el tratamiento con temperatura de secado de la cascara de maracuyá a 60°C lo cual podría estar relacionado al contenido de polisacáridos de reserva, ocasionando un aumento de las bacterias anaerobias y celulíticas, formando un ambiente adecuado para incrementar su actividad (Aguiar y Rojas, 2014), ocasionando un aumento en la

degradación ruminal de los carbohidratos no estructurales que generan cambios en el pH ruminal , disminuyendo el desarrollo de bacterias metogénicas, incrementando el contenido de bacterias amilolíticas y mayor producción de ácido propiónico y una disminución en la producción de gas, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> (Aguiar y Rojas, 2014). Lo que concuerda con Garrido et al., (2014), al expresar que los carbohidratos son transformados a AGVS (ácido acético, propiónico y butírico) por los microorganismos ruínales; generando la digestión de los carbohidratos estructurales en 70 % de acético y 30% propiónico – butírico, mientras que para los carbohidratos de reserva se obtiene el 50%. La utilización de la energía es más eficiente para el ácido propiónico y butírico que para el acético, Debido a que en la ración destinada a la alimentación de los rumiantes el mayor grupo de nutrientes pertenece a los carbohidratos, que constituyen la base energética para cubrir sus necesidades tanto en mantenimiento como en producción (Garrido et al., 2014). Kurihara et al., menciona que en la nutrición existe una relación lineal entre: ganancia de peso y la producción de metano, por esta razón se podría explicar que, una mejora en la calidad del alimento podría ser un medio eficiente para disminuir la producción de gas, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>

#### Verificación de la hipótesis

Los resultados obtenidos de la evaluación del efecto de la temperatura de secado en los residuos de maracuyá sobre la cinética de degradación para la mitigación de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> entérico en rumiantes, permite aceptar la hipótesis por cuanto, se observó que con el tratamiento (T1), temperatura de secado a 60°C se obtuvo una menor producción de gas CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> con valores de 24,9 y 84,2 mL respectivamente.

## CONCLUSIONES

- ✓ Por medio de esta investigación se puede concluir que los residuos de maracuyá a 150°C con un tiempo de secado de 4.5 horas presentan la mayor cantidad de proteína cruda con un valor de 29.8%, la fibra detergente neutra 59.2%, fibra detergente ácida 46.3%, fósforo 0.33%, potasio 2.03%, calcio 0.29%, magnesio 0.10%. Mientras que el cobre presenta un valor de 5 ppm a una temperatura de secado de 60°C en un tiempo de secado de 75 horas, el manganeso tiene un valor de 3 ppm a 60, 120 y 150°C en un tiempo de secado de 75, 120, y 4.5 horas respectivamente, el zinc alcanza su mayor contenido (10 ppm) a 150°C en 4.5 horas de secado.
- ✓ La mayor digestibilidad de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) se obtuvo en las muestras de maracuyá expuestas a una temperatura de secado de 60°C con valores de 75 y 77.4% respectivamente, mientras que la degradación de la MS, Degradación de la MO y degradación de FDN presentaron valores de 39.4, 32,0 y 11,7 respectivamente.
- ✓ Con respecto a la cinética de producción de gas CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> se puede concluir que al secar las muestras de maracuyá a 60°C se obtuvo la menor producción de gases de efecto invernadero (CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>) con valores de 24,9 y 84,2 mL.
- ✓ Los subproductos del maracuyá expuestos a una temperatura de 60 °C, fue el tratamiento que obtuvo la menor producción de gas, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> *in vitro* y la mayor digestibilidad y degradación, lo que podría deberse a que mantuvo el contenido de polisacáridos de reserva, los cuales mejoraron el ambiente ruminal.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Para obtener un mayor contenido de proteína cruda, fibra detergente neutra , fibra detergente ácida , fosforo ,potasio, calcio , magnesio almacenados como polisacáridos de reserva se deben secar los residuos de maracuyá a 60°C
- ✓ Para mejorar el ambiente ruminal se debe secar los residuos de maracuyá a una temperatura de 60°C para obtener una mayor digestibilidad y degradación ruminal.
- ✓ Se debe secar los residuos a 60°C para mejorar la cinética de degradación ruminal así como para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.
- ✓ Realizar investigaciones con inclusión de residuos de maracuyá secados a 60°C en dietas alimenticias balanceadas en rumiantes como fuente de proteína.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, E. & Rojas, A.** (2014). “Métodos utilizados para reducir la producción de metano endógeno en rumiantes”. *Nutrición Animal Tropical Vol. 8 Núm. 2*.
- Almeida, A. Nakagawa, J. Almeida, R.** (1988). “de. Efeito de armazenamento na germinação de sementes de maracujá-amarelo de diferentes estádios de maturação”. En *Anais do 9th Congresso Brasileiro de Fruticultura. Campinas, Brazil*. p. 603-608.
- Andino, M. & Hidalgo, S.** (2011). “Plan de exportación de Maracuya desde la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas al mercado de Madrid-España, período 2011-2014”. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- León, A.** (2017). “Efecto del consumo de dietas a base de residuos postcosecha de theobroma cacao sobre las funciones ruminales en bovinos”. Tesis de MVZ.
- Aular, J.** (2003). “Algunas características físicas y químicas del fruto de cuatro especies de Passiflora. *Bioagro*”, vol. 15, no 1.
- Beauchemin, K. Mcginn, M. Petit, H.** (2007). “Methane abatement strategies for cattle: lipidsupplementation of diets”. *Canadian Journal of Animal Science*, vol. 87, no 3, p. 431-440.
- Benavides, H. & León, G.** (2007). “Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático”. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM*.
- Bernacci, L.** (2008). “Passiflora edulis Sims: the correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of others colors)”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 30, no 2, p. 566-576.
- Berra, G.** (1999) “Reducción de emisiones de metano provenientes del ganado bovino”. *Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. Argentina*.

- Bonilla, J.** (2012). “Clemente Lemus. Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático”: Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. 3, no 2, p. 215-246.
- Caraball, A., Betancourt, M., Florio, J.** (2007). “Efecto de la melaza, estado fisiológico del pasto y tamaño del material cosechado sobre el ensilado de pasto guinea (*Panicum maximum*, Jacq.)”. *Ciencia*, vol. 15, no 1.
- Carmona, C., Vergara, D., Giraldo, 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*, vol. 18, no 1, p. 49-63.
- Casey, J., Holden, N.** (2006). “Greenhouse gas emissions from conventional, agri-environmental scheme, and organic Irish suckler-beef units”. *Journal of Environmental Quality*, 2006, vol. 35, no 1, p. 231-239.
- Castro, G.** (2010). “Características productivas, agronômicas e nutricionais do capim-tanzânia em cinco diferentes idades ao corte Productivity, agronomical and nutritional traits of Tanzânia grass cut on five different ages”. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2010, vol. 62, no 3, p. 654-666.
- De Klein, C., Pinares-Patino, C., Waghorn, G.** (2008). “Greenhouse gas emissions. *Environmental impacts of pasture-based grazing*”.(Ed. RW McDowell) pp, 2008, p. 1-32.
- Dehority, B., Orpin, C.** (1997). “Development of, and natural fluctuations in, rumen microbial populations”. En *The rumen microbial ecosystem*. Springer, Dordrecht. p. 196-245.
- Deramus, H.** (2003). “Methane emissions of beef cattle on forages”. *Journal of Environmental Quality*, vol. 32, no 1, p. 269-277.
- Espinoza, G.** (2017). “Características fermentativas y nutritivas de ensilajes de forrajes tropicales con diferentes niveles de inclusión de residuos agroindustriales de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*)”.

- Galindo, F., Villavicencio, M.** (2000). "Maracuyá. Seminario de Agronegocios". *Lima: Universidad del Pacífico*.
- Galindo, J.**, (2014). "Efecto del follaje de plantas tropicales en el control de la producción de metano y la población de protozoos ruminales in vitro". *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 2014, vol. 48, no 4.
- Garrido, A.** (2014). "Los carbohidratos en la alimentación de la vaca de leche". *Frisona española*, 2014, vol. 34, no 200, p. 106-109.
- Gerola, G.** (2013). "Utilization of passion fruit skin by-product as lead (II) ion biosorbent". *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 224, no 2, p. 1446.
- Groot, J.** (1996). "Multiphasic analysis of gas production kinetics for in vitro fermentation of ruminant feeds". *Animal Feed Science and Technology*, 1996, vol. 64, no 1, p. 77-89.
- Gworgwor, A., Mbahi, F., Yakubu, B.** (2006). "Environmental implications of methane production by ruminants: a review". *Journal of Sustainable Development in Agriculture and Environment*, vol. 2, no 1, p. 1-14.
- Johnson, A., Johnson, E.** (1995). "Methane emissions from cattle". *Journal of animal science*, vol. 73, no 8, p. 2483-2492.
- Jouany, P.** (1994). "Methods of manipulating the microbial metabolism in the rumen". En *Annales de zootechnie*. p. 49-62.
- Júnior, J.** (2006). "Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal". *Revista Ciência Agronômica*, 2006, vol. 37, no 1, p. 70-76.
- Kelliher, M.** (2007). "Estimating the uncertainty of methane emissions from New Zealand's ruminant animals". *Agricultural and forest meteorology*, vol. 143, no 1-2, p. 146-150.

- Krause, O.** (2003). "Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: microbiology, ecology, and genomics". *FEMS microbiology reviews*, 2003, vol. 27, no 5, p. 663-693.
- Kulkarni, S., Vijayanand, P.** (2010). "Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* L.)". *LWT-Food Science and Technology*, vol. 43, no 7, p. 1026-1031.
- Kurihara, M.** (1999). "Methane production and energy partition of cattle in the tropics". *British Journal of nutrition*, vol. 81, no 3, p. 227-234.
- Lassey, R.** (2007). "Livestock methane emission: from the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle". *Agricultural and forest meteorology*, vol. 142, no 2-4, p. 120-132.
- Lovett, K.** (2005). "Manipulating enteric methane emissions and animal performance of late-lactation dairy cows through concentrate supplementation at pasture". *Journal of Dairy Science*, vol. 88, no 8, p. 2836-2842.
- Mcallister, A.** (1993). Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms". *Journal of animal science*, vol. 71, no 1, p. 205-212.
- Mendieta, M. Rocha, R.** (2007). "Sistemas agroforestales".
- Menke, H.** (1988). "Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid". *Animal research and development*, vol. 28, p. 7-55.
- Mestanaza, J. Velasco, B.** (2015). "La Costa produce el 70% de la carne de res". *El Comercio*.
- Naqvi, K., Sejian, V.** (2011). "Global climate change: role of livestock". *Asian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 3, no 1, p. 19-25.
- Nieto, M., Guzmán, L., Stenaiker, D.** (2014). "Emisiones de gases de efecto invernadero": simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina. 2014.

- Nsahlai, I., Umunna, N., Negassa, D.** (1995). "The effect of multi- purpose tree digesta on in vitro gas production from napier grass or neutral- detergent fibre". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1995, vol. 69, no 4, p. 519-528.
- Orskov, E.** (1980). "The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs". *Tropical Animal Production*, vol. 5, no 3, p. 195-213.
- Orskov, R., Mcdonald, I.** (1979). "The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage". *The Journal of Agricultural Science*, vol. 92, no 2, p. 499-503.
- Otagaki, K., Matsumoto, H.** (1958). "Passion Fruit By-Products, Nutritive Values and Utility of Passion Fruit By-Products". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 6, no 1, p. 54-57.
- Rangel, J.** (2016). "Sustentabilidad social de agroecosistemas bovinos de doble propósito en México". *Archivos de zootecnia*, vol. 65, no 251, p. 315-319.
- Relling, A., Mattioli, G.** (2003). "Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes". *Fac. Ciencias Veterinarias. Argentina: Universidad Nacional de La Plata*.
- Rueda, S.** (2017). "Producción de etanol carburante de segunda generación a partir de residuos como cáscaras de banano, maracuyá y naranja (eficiencia en obtención de melazas) utilizando la levadura *Candida utilis* en fermentación". *Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 2, no 1, p. 14-29.
- Sejian, V.** (2011). "Measurement and prediction of enteric methane emission". *International journal of biometeorology*, vol. 55, no 1, p. 1-16.
- Shibata, M., Terada, F.** (2010). "Factors affecting methane production and mitigation in ruminants". *Animal Science Journal*, vol. 81, no 1, p. 2-10.

- Silva, A.** (2005). “Cinética sanguínea em ovinos recebendo níveis crescentes de subproduto da indústria processadora de maracujá”. *REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, vol. 42.
- Stern, M., Calsamiglia, S., Endres, M.** (1994). “Dinámica del metabolismo de los hidratos de carbono y del nitrógeno en el rumen”. *X curso de especialización FEDNA. Madrid, España*, p. 1-18.
- Theodorou, M.** (1994). “A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds”. *Animal feed science and technology*, 1994, vol. 48, no 3-4, p. 185-197.
- Thornton, K., Herrero, M.** (2010). “Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, no 46, p. 19667-19672.
- Vansoest, P.** (1982). “Nutritional ecology of the ruminant”. O & B Books. Inc., Corvallis, OR, vol. 374.
- Yan, X.** (2000). “A modified silver staining protocol for visualization of proteins compatible with matrix- assisted laser desorption/ionization and electrospray ionization- mass spectrometry”. *ELECTROPHORESIS: An International Journal*, vol. 21, no 17, p. 3666-3672.
- Zeraik, M.** (2010). “Maracujá: um alimento funcional”. *Revista Brasileira de farmacognosia*, vol. 20, no 3, p. 459-471.

## ANEXOS

### Anexo A. Preparación de las muestras



**Anexo B. Degradación ruminal *in situ***



Anexo C. Digestibilidad *in vitro*



Anexo D. Producción de gas *in vitro*

