

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



EFFECTO DEL CONSUMO DE DIETAS A BASE DE *Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao* SOBRE LA DEGRADACION RUMINAL DE LOS NUTRIENTES EN BOVINOS.

Trabajo de investigación previo a la obtención del grado de:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

Autora:

MARÍA BELÉN MINDA COSTA

Tutor:

MARCOS A. BARROS RODRÍGUEZ, PH.D

Cevallos – Tungurahua – Ecuador, 2016

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“La suscrita, **MINDA COSTA MARÍA BELÉN** portadora de cedula identidad número: **1804895306**, libre y voluntariamente declaro que el trabajo de investigación titulado: **“EFECTO DEL CONSUMO DE DIETAS A BASE DE *Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao* SOBRE LA DEGRADACION RUMINAL DE LOS NUTRIENTES EN BOVINOS.”** es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido será de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”

.....
MINDA COSTA MARÍA BELÉN

C.I.1804895306

DERECHO DE AUTOR

“Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: **“EFECTO DEL CONSUMO DE DIETAS A BASE DE *Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao* SOBRE LA DEGRADACION RUMINAL DE LOS NUTRIENTES EN BOVINOS”**. Como uno de los requisitos previos para la obtención del título de Tercer Nivel en la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

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

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

.....
MINDA COSTA MARÍA BELÉN

C.I.1804895306

“EFECTO DEL CONSUMO DE DIETAS A BASE DE *Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao* SOBRE LA DEGRADACION RUMINAL DE LOS NUTRIENTES EN BOVINOS”.

REVISADO POR:

Ing. Marcos Barros Rodríguez. Ph.D.

TUTOR

Ing. Patricio Núñez. Mg.

ASESOR DE BIOMETRIA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO:

Ing. Hernán Zurita Vásquez. Mg.

Presidente del tribunal

FECHA

Ing. Patricio Núñez. Mg.

Miembro del tribunal

FECHA

Ing. Ricardo Guerrero. Mg.

Miembro del tribunal

FECHA

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis es inevitable que te asalte un muy humano egocentrismo que te lleva a concentrar la mayor parte del mérito en el aporte que has hecho. Sin embargo, el análisis objetivo te muestra inmediatamente que la magnitud de ese aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresándoles mis agradecimientos.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Al Dr. Marcos Barros por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como profesional. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis.

Al personal que labora en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por facilitarme los espacios, suministros y conocimientos técnicos.

A mis docentes de cada módulo recibido, por el constante apoyo y aliento que recibí durante las clases impartidas por cada uno de ellos. Sus conocimientos y comprensión me han ayudado a evolucionar como ser humano y buen profesional.

DEDICATORIA

A Dios Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis Padres por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi capacidad, brindándome su comprensión, cariño y amor. A mi Abuelita por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más, quien con sus palabras de aliento no me dejaba decaer para que siguiera delante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales. A todas aquellas personas que compartieron sus conocimientos sin esperar nada a cambio y estuvieron apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

GRACIAS.

INDICE

CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Situación actual de la ganadería en el ecuador	3
1.1.1. Alimentación de rumiantes.....	3
1.1.1. Utilización de subproductos agrícolas en la alimentación animal.....	3
1.2. Categorías fundamentales o marco conceptual	6
1.2.1. Fruta de pan (<i>Artocarpus altilis</i>)	6
1.2.2. Aporte nutritivo	9
1.2.3. Cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i>).....	10
1.2.4. Aporte nutritivo	11
1.2.5. Efecto de la Dieta en las funciones del rumen.....	11
CAPÍTULO III	14
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	14
1.1. HIPÓTESIS	14
1.2. OBJETIVO GENERAL	14
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
CAPÍTULO IV	15
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
1.1. Ubicación del experimento.....	15
1.2. Animales, alojamiento, alimentación y tratamientos	15
1.3. Variables respuesta.....	15
1.4. Diseño experimental y análisis estadísticos	17
CAPÍTULO V	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
CAPÍTULO VI.....	26
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	26
1.1. Conclusiones.....	26
1.2. Bibliografía	26
1.3. Anexos	32
CAPÍTULO VII.....	37
PROPUESTA	37

1.1. Datos informativos.....	37
1.2. Antecedentes de la propuesta.....	37
1.3. Justificación	38
1.4. Objetivos	39
1.4.1. Objetivo general.....	39
1.4.2. Objetivos específicos	39
1.5. Análisis de factibilidad	39
1.6. Fundamentación.....	39
1.7. Metodología, modelo operativo	40
1.8. Administración.....	40
1.9. Previsión de la evaluación	40

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL <i>ARTOCARPUS ALTILIS</i>	7
TABLA 2. CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS, ÁCIDOS GRASOS Y CARBOHIDRATOS DEL <i>ARTOCARPUS ALTILIS</i>	8
TABLA 3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS SEMILLAS DE <i>THEOBROMA CACAO</i> (GARZARO ET AL., 1998).....	10
TABLA 4. DIGESTIBILIDAD <i>IN VITRO</i> DE MS Y MO COMO EFECTO DE LA ADICIÓN DE DIETAS QUE CONTIENEN HARINA DE CÁSCARA Y HARINA DE FRUTA DE ÁRBOL DE PAN (<i>ARTOCARPUS ALTILIS</i>)	18
TABLA 5. PARÁMETROS <i>IN VITRO</i> DE PRODUCCIÓN DE GAS (ML/0.5 G FERMENTADO DM) COMO EFECTO DE LA ADICIÓN DE DIETAS QUE CONTIENEN HARINA DE CÁSCARA DE CÁSCARA Y HARINA DE FRUTA DE <i>ARTOCARPUS ALTILIS</i>	21
TABLA 6. PARÁMETROS DE DEGRADACIÓN RUMINAL DE MATERIA SECA DE DIETAS QUE CONTIENE HARINA DE CÁSCARA DE CACAO Y HARINA DE LA FRUTA <i>ARTOCARPUS</i> <i>ALTILIS</i>	22
TABLA 7. PARÁMETROS DE DEGRADACIÓN RUMINAL DE MATERIA ORGÁNICA DE DIETAS QUE CONTIENE HARINA DE CÁSCARA DE CACAO Y HARINA DE LA FRUTA <i>ARTOCARPUS</i> <i>ALTILIS</i>	23
TABLA 8. FERMENTACIÓN RUMINAL A DIFERENTES HORAS, ANTES (0 H) Y DESPUÉS DE LA ALIMENTACIÓN A TERNEROS CON DIETAS QUE CONTIENEN HARINA DE CÁSCARA Y HARINA DE FRUTA DE ÁRBOL DE PAN (<i>ARTOCARPUS ALTILIS</i>)	24

RESUMEN

Una alternativa para la reducción de costos de producción es el uso de subproductos agrícolas o productos que sustituyan de manera parcial los granos y que aporten los nutrientes básicos para cumplir con las demandas de productividad. El objetivo de este estudio es determinar el efecto del consumo de *Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao* sobre la degradación ruminal *in situ* y función ruminal *in vitro*. Se utilizarán 6 toros machos castrados, provistos de una fistula en el rumen (Bar Diamond, Parma, Idaho, USA) de aproximadamente de 2 años de edad con 350 kg de peso promedio, mantenidos en corrales de techo de zinc y piso de cemento, con un antecedente de consumo de pasto y heno. Los animales fueron distribuidos de manera aleatoria según como corresponda a cada tratamiento: **T1:** 0 % de inclusión de *Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao*. **T2;** 15% de inclusión de *Theobroma cacao*. **T3:** 15% de inclusión de *Artocarpus altilis*. En los parámetros de producción de gas *in vitro* se observa diferencias al evaluar el efecto entre los líquidos ruminales (inóculos: LD1, LD2 y LD3 líquidos ruminales provenientes de animales que consumían tres tipos de Dietas D1, D2 y D3) y Dietas (D1; Dieta testigo, D2; Dieta con 15% de cacao y D3; Dieta con 15% de fruta de pan) obteniéndose menor ($P < 0,0001$) producción acumulada de gas ml/0.5g MS fermentable (GV) en todas las Dietas incubadas en los líquido ruminal LD2. En los parámetros de degradación de MS y MO *in situ* existe diferencias entre la degradación entre Dietas (D1, D2 y D3; MS $P=0.0027$, $P=0.0027$, $P=0.0045$ y MO; $P=0.0367$, $P=0.0173$, $P=0.0249$ respectivamente), donde se obtuvo un efecto en la comparación (Dieta 1 x Dieta 2) y (Dieta 1 x Dieta 2 x Dieta 3). La digestibilidad *in vitro* se observa efecto entre los líquidos ruminales y la digestibilidad *in vitro* de MO y MS de las Dietas incubadas ($P=0.0001$ y $P=0.0041$ respectivamente), así como, efecto entre las Dietas ($P=0.0082$ y $P=0.0131$ respectivamente). Obteniendo la mayor digestibilidad las Dietas incubadas en los líquidos ruminales de los toros alimentados con las Dietas D1 y D3 (LD1 y LD3). En cuanto Amoniaco, Ácidos Grasos Volátiles y pH ruminal *in situ* el nitrógeno amoniacal muestra diferencias entre tratamientos en las distintas horas de muestreo, obteniendo el mayor ($P < 0.05$) pH y N-NH₃ los animales alimentados con las Dietas D2 y D3 respectivamente. Con respecto, a los AGVs el ácido acético es mayor ($P < 0.05$) en los toros alimentado con D2 y D3. El ácido propiónico es mayor ($P = 0.0001$) en los toros alimentados con D2 y D3 (0 h) y mayor ($P = 0.0001$) en los animales alimentados con D1 y D3 (4 h).

Palabras claves: *in vitro*, *in situ*, digestibilidad, producción de gas, degradación, materia seca, materia orgánica.

ABSTRACT

An alternative for the reduction of production costs is the use of agricultural by-products or products that partially replace the grains and that provide the basic nutrients to meet the demands of productivity. The objective of this study is to determine the effect of the consumption of *Artocarpus altilis* and *Theobroma cacao* on ruminal *in situ* degradation and ruminal function *in vitro*. Six bulls, with a rumen fistula (Bar Diamond, Parma, Idaho, USA) of approximately 2 years of age with a mean weight of 350 kg, kept in zinc roof pens, cement floors, with a history of grass, and hay consumption. The animals were randomly assigned according to each treatment: T1: 0% inclusion of *Artocarpus altilis* and *Theobroma cacao*. T2; 15% inclusion of *Theobroma cacao*. T3: 15% inclusion of *Artocarpus altilis*. Differences were observed in the parameters of *in vitro* gas production when evaluating the effect of ruminal fluids (inocula: LD1, LD2 and LD3 ruminant liquids from animals consuming three types of diets D1, D2 and D3) and diets (D1; (P <0.0001) accumulated production of gas ml / 0.5g fermentable MS (GV) in all the incubated diets in ruminal fluid LD2. In the parameters of degradation of MS and MO *in situ* there is a difference between the degradation between diets (D1, D2 and D3, MS P = 0.0027, P = 0.0027, P = 0.0045 and MO, P = 0.0367, P = 0.0173, P = 0.0249, respectively), where an effect was obtained in the comparison (Diet 1 x Diet 2) and (Diet 1 x Diet 2 x Diet 3). *In vitro* digestibility was observed between ruminal fluids and the *in vitro* digestibility of OM and DM of the incubated diets (P = 0.0001 and P = 0.0041 respectively), as well as the effect of diets (P = 0.0082 and P = 0.0131 respectively). Obtaining the highest digestibility of the diets incubated in the ruminales liquids of the bulls fed diets D1 and D3 (LD1 and LD3). In terms of Ammonia, Volatile Fatty Acids and ruminal pH *in situ* ammoniacal nitrogen shows differences between treatments at the different sampling times, obtaining the highest (P <0.05) pH and N-NH₃ the animals fed diets D2 and D3 respectively. Regarding VFAs, acetic acid is higher (P <0.05) in bulls fed with D2 and D3. Propionic acid was higher (P = 0.0001) in bulls fed D2 and D3 (0 h) and higher (P = 0.0001) in animals fed D1 and D3 (4 h).

Key words: *in vitro*, *in situ*, digestibility, gas production, degradation, dry matter, organic matter.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera se basa principalmente de una alimentación en pastizales, donde su superficie se ha incrementado en mayor proporción que la masa ganadera, justamente para compensar el bajo rendimiento de los mismos. Además, la alimentación a base de sólo pasto provoca rendimientos productivos bajos. Por ello, para compensar los bajos rendimientos, una estrategia de alimentación es el uso de concentrado los cuales se integran a las dietas en las diferentes etapas del ciclo productivo, el cual eleva los costos de producción debido a que se utilizan granos. Una alternativa para la reducción de costos de producción es el uso de subproductos agrícolas o productos que sustituyan de manera parcial los granos y que aporten los nutrientes básicos para cumplir con las demandas de productividad (Enitez, 1998).

En el país existen muchas especies de plantas que pueden contribuir al desarrollo de la producción ganadera, como el fruto del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) aunque el cultivo se ha distribuido ampliamente, se ha anotado a menudo como son infrautilizados por la falta de conocimiento sobre las propiedades que posee y que pueden aportar para mejorar las funciones del rumen (Haro, 2003). Recientemente esta especie arbórea se ha identificado como una fuente alternativa de carbohidratos, almidón, minerales, aminoácidos y vitaminas. Puede ser procesado en muchas formas que ofrezcan oportunidades potenciales en la agroindustria y agroexportación (Deivanai, 2010). En Cuba se han realizado numerosos estudios con hojas y harina de *Artocarpus altilis* (Coralía et al., 2012; Ortiz et al., 2011) demostrando resultados productivos similares a los de las dietas convencionales, reduciendo el costo de la alimentación. La degradación del alimento se realiza mayoritariamente por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos los realizan diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales por esta razón tenemos que tener presente que al alimentar a los rumiantes primero estamos alimentando a los microorganismos rúminales, y que para su buen desarrollo tiene que haber un medio ruminal favorable para ello. De esta forma hay una simbiosis entre las bacterias y el animal.

Algunos de los subproductos agrícolas más empleados y estudiados son los provenientes del cacao (*Theobroma cacao*); estos desechos están constituidos por la cáscara del fruto y la pulpa de las semillas, siendo ricos en taninos, polifenoles, alcaloides, azúcares y polisacáridos (Albornoz, 1980). Sin embargo no hay investigaciones sobre los efectos que se obtendrían con la implementación de las semillas y el mucilago de las mismas en la nutrición animal. En cuanto al beneficio que reciben los animales de las mencionadas alternativas alimenticias se puede citar como factores principales a los aminoácidos contenidos en el fruto del (*Artocarpus altilis*) siendo esenciales para la síntesis de proteínas de los tejidos y la leche; a una menor extensión también son requeridos como precursores para la síntesis de otros metabolitos corporales. La mayoría como iniciadores de la gluconeogénesis pudiendo ser convertidos en su totalidad a ácidos grasos, o servir de fuentes inmediatas de energía metabólica cuando son oxidados a CO₂. A pesar de tener varias rutas de metabolización, todas concluyen formando piruvato, acetil-CoA o intermediarios del ciclo del ácido tricarbóxico (NRC, 1996). Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio es determinar el efecto del consumo de *Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao* sobre la degradación ruminal *in situ* y función ruminal *in vitro*.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1.1. Situación actual de la ganadería en el Ecuador

En nuestro país existen diversos sistemas de producción ganadera: a campo abierto, sogueo y semiestabulado, en terrenos con escasa fertilidad, con pastos poco adaptados a las condiciones climáticas de las distintas regiones, los mismos que presentan un deterioro muy visible y progresivo con baja productividad de biomasa, lo cual tiene como consecuencia una disminución significativa de la producción animal (Vera, 2004).

Esta ha sido la causa más importante del desarrollo lento de la ganadería, que se ve afectada por la falta de una especie forrajera de buena calidad, que permita desde un inicio a los ganaderos implementar una producción pecuaria estable, por otro lado influyen de forma negativa los suelos pobres, frágiles y el desconocimiento de especies de plantas o subproductos de las mismas que resultan benéficas para la productividad (Paladines, 1992).

1.1.1. Alimentación de rumiantes

Los pastos constituyen la principal fuente de nutrimentos para la alimentación del ganado bovino, el principal atributo de los pastos es su gran capacidad para producir materia seca, lo que los hace ideales para suministrar proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra al ganado bovino especializado en la producción de leche, así como al de doble propósito y de carne.

Estos se pueden ofrecer en forma fresca, henificada o ensilada, dependiendo de las características particulares de cada forraje, los pastos y las leguminosas se emplean en forma henificada y las gramíneas como el maíz y el sorgo, se conservan mediante procesos de ensilaje (Preston et al., 1992).

1.1.1. Utilización de subproductos agrícolas en la alimentación animal

Otra alternativa es el uso de subproductos agrícolas que son empleados como pienso animal, no obstante, el contenido nutricional de los mismos debe ser conocido antes de incorporarse en dietas animales balanceadas; las elaboradas a base de subproductos están libres de tratamientos químicos o biológicos, por lo cual se las puede usar en la etapa de

mantenimiento (Broudiscou, 2000). Los piensos elaborados a partir de plantas no forrajeras tienen variados orígenes y distinta procedencia tan diversos como los destilados de cereales, salvado de trigo, pulpa de remolacha, cáscara de soja, pulpa desecada de cítricos, manzanas ricas en pectinas, y hasta incluso frutos tropicales como la lima, cacao y pieles de plátano y piñas, cualquiera de estas se usan solas o mezcladas (Borroto et al., 1989).

Existen varios que se han implementados en las dietas animales con fin de estudio. (López et al., 2014) determinan el uso potencial de los sub-productos del cultivo de la piña para su empleo en la dieta de animales rumiantes, donde se utilizaron diferentes partes de la fruta como: planta entera, rastrojo (hojas, hijos y tallo), corona, corazón, cáscara, pulpa de la fruta, tallo y raíces. En su mayoría presentaron alto contenido en MS, sin embargo, las raíces mostraron el mayor contenido de materia seca, fibra detergente neutra, fibra detergente ácido, lignina y cenizas. Existieron diferencias según las partes utilizadas, pero se concluyó que la viabilidad mejora el desempeño productivo de los rumiantes por su aplicación, debido a que aportan los nutrimentos necesarios.

Otra investigación realizada determinó el valor nutritivo con el fin de implementarlo en la alimentación de conejos realizado por (Martinez et al., 2002) donde se evaluó distintas materias primas: pulpa de algarroba, hoja de morera, mazorca de maíz entera, paja de arroz y cilindro de arroz, cada una de estas presento un porcentaje diferente de materia seca, materia orgánica, energía bruta, proteína bruta, digestibilidad y proteína digestible, seleccionando el más apropiado para alimentación cunícola según los requerimientos de estos.

Al implementar tres niveles de pienso elaborado a partir de la harina del fruto y la hoja del árbol de pan, que consistían: 0 (T1); 12 (T2) y 20 (T3) g, se obtuvo significancia ($P < 0,001$) en el peso final y la ganancia media diarias a medida que aumentaba la inclusión del pienso, difiriendo en el peso de la canal, para los animales que consumían el pienso sin inclusión de harina del árbol de fruta de pan. El tratamiento que incluyó la mayor dosis de pienso fruta del pan (20 g/kg PV) aportó la mayor ganancia (832,59 CUC) con respecto al control. Esta alternativa permite, además, reducir el tiempo de la ceba y cebar un mayor número de animales en el año (Coralía et al., 2007).

(Coralía et al., 2012) administró 3 dietas en conejos, pienso comercial más glicina como control, harina de frutos del árbol del pan más glicina y un pienso integral compuesto por la

mezcla de harina de frutos y hojas del árbol del pan más vitaminas y minerales (PAP). Sus resultados demostraron que la dieta PAP obtuvo una alta digestibilidad de materia seca y de nutrientes, debido a la presencia de almidón lo que la hace más digestible. Sin embargo, la digestibilidad de la proteína fue mucho menor en comparación con otras dietas esto se debe a la cantidad de taninos que poseen las hojas del árbol de pan. (Robinns et al., 1987) mencionan que en todas las especies herbívoras se ha observado en la saliva la presencia de proteínas ricas en aminoácido prolina (25 - 45%), caracterizada por presentar gran afinidad por los taninos y forman así complejos solubles tanino-proteína. Jones et al. (1977) mencionan que esta sustancia orgánica es estable en el rango de pH de todo el tracto digestivo. (Austin et al., 1989) mencionan que equilibrio que ayudaría a anular el efecto negativo de los taninos en la palatabilidad de los alimentos. (Cheeke et al., 1995) demuestran que al presentarse en altas cantidades disminuye la absorción de ciertos nutrientes; en el caso de las proteínas, los taninos se combinan con ellas y alteran su absorción. (Ortiz et al., 2011) administran harina de frutos de pan al 0, 10, 20 y 30% en cerdos de ceba, dando como resultado que las dietas al 20 y 30% disminuyeron el peso vivo final, ganancia media diaria y el rendimiento a la canal. Esto se debe a lo que se refirió precedentemente. (Blas et al., 2003; Flores et al., 2005) La presencia de taninos y saponinas en la harina de frutos del árbol del pan tienen efectos reductores en el consumo y la digestibilidad de la materia seca. Además, señalan daños en la mucosa intestinal y reducción en la velocidad de crecimiento, entre otras consecuencias.

Crescente et al. (1999) realizan un estudio de las cáscara de los frutos del cacao sometidos a distintos tratamientos una vez cosechados, donde el análisis fotoquímico demostró la presencia de saponinas, polifenoles, taninos, taninos catequínicos, taninos gálicos, alcaloides débilmente básicos, básicos, flavonoides y esteroides insaturados. Del fraccionamiento cromatográfico se obtuvo el contenido de teobromina que fue de 1900 mg/kg, por lo cual, no es perjudicial para los animales que son alimentados con el mismo. La teobromina es un compuesto químico que estimula el sistema nervioso, estudios revelan que este tipo de alcaloide en los rumiantes afecta en el rendimiento lácteo y contenido graso, pudiéndose observar en vacas alimentadas con piensos que contienen teobromina con cantidades de 15 mg/kg de peso vivo. Encontrándose efectos adversos a partir de cantidades de 45-90 mg/kg (Arueya, 1991).

Una alternativa excelente como material de relleno para la elaboración de bloques multinutricionales debido a su contenido de fibra, son los subproductos del cacao (la cáscara de cacao) la cual puede ser suministrada fresca o ensilada, además seca y molida (Trujillo, 2009). En la investigación realizada del G36 *Theobroma cacao* L. Cacao “Cocoa”, señala que las almendras y cascarón de cacao contienen un alcaloide llamado teobromina, que es tóxico para los animales, lo que restringe su uso como fuente de alimentación, aunque señala que la cantidad de teobromina presente en las mazorcas es muy bajo. Además las cáscaras de cacao son ricas en potasio (FAO, 2004). Por lo cual se recomienda implementar tecnologías para el aprovechamiento de los desechos agrícolas de la actividad cacaotera, debido a que la cáscara del cacao es sumamente alimenticia y no presentan elementos nocivos como en las semillas y en la cascarilla de los granos de cacao se encuentra la teobromina, otras investigaciones realizadas por (Toxopeus et al., 1985), indican que este alimento puede constituir el 20% de una ración para aves de corral, un 30 – 50% para cerdos, y de 50% para ovejas, cabras y ganado lechero. Además su aceptación por los animales es satisfactoria.

Con base en lo anterior, el uso de subproductos agrícolas como los residuos pos cosecha de *Theobroma cacao* (cáscara y mucilago) se podría utilizar como sustituto parcial de un cereal en la dieta del cerdo, debido a su excelente contenido nutricional (ácidos grasos esenciales, carbohidratos no estructurales, aminoácidos esenciales, y bajos niveles de fibra) (Titiloye, et al 2013). Por su parte Brenes (1990), en un estudio realizado determinó que el uso de la cáscara de cacao se convierte en una alternativa para la alimentación de rumiantes, debido a su composición química: 3,2% de potasio, 6,25% de proteína cruda y 27% de fibra cruda.

1.2. Categorías fundamentales o marco conceptual

1.2.1. Fruta de pan (*Artocarpus altilis*)

Es una de las plantas autóctonas de nuestro país que ha sido desvalorizada como alternativa para la suplementación animal. El árbol del pan, pertenece a la familia Moraceae.

La familia Moraceae contiene más de 50 géneros y más de 800 especies de plantas, que son en su mayoría tropicales y subtropicales, también incluyen una serie de especies de importancia económica.

El nombre *Artocarpus* se deriva de las palabras griegas "artos-pan" y "carpo-fruto". Su género contiene alrededor de 50 a 60 especies distribuidas en toda la región Indo-Malaya y en el sur de China (Ragone, 1997). Además posee con una composición rica en nutrientes en especial sus simientes (Dignan et al., 2004). Tabla 1.

Tabla 1. Composición química del *Artocarpus altilis*

Nutriente	maduro, crudo ¹	maduro, crudo ²	Maduro al vapor	Maduro hervido	Maduro al horno	Maduro crudo ⁴	Maduro hervido ⁴
Energy (kcal)	107	68–112	107–138	75	112–115	-	-
Protein (g)	1.5	0.8–1.4	0.6–1.3	1.3	0.6–1.3	-	-
Carbohydrate (g)	23.6	17.5–29.2	25–33	14.4	29.9–30.2	-	-
Fat (g)	0.4	0.3	0.1–0.2	0.9	0.2	-	-
Fiber (g)	2.5	0.8–0.9	2.1–7.4	2.5	0.9	-	-
Water (g)	72	67.6–79.4	65–73	81	66.5–67.2	-	-
Calcium (mg)	25	19.8–36	10–30	13	23.2–26.4	-	-
Iron (mg)	1	0.33–0.46	0.4–1.1	0.2	0.36–0.52	-	-
Magnesium (mg)	24	26.4–41.1	20–30	23	23.1–46.2	-	-
Phosphorus (mg)	-	26–29.7	18–41	-	26.4–32.1	-	-
Potassium (mg)	480	224–354	283–437	350	283–339	-	-
Sodium (mg)	1	4.2–10.4	13–70	1	4.9–6.6	-	-
Zinc (mg)	0.1	0.07–0.1	0.07–0.13	0.1	0.07–0.17	-	-
Copper (mg)	-	0.06–0.1	0.04–0.15	-	0.04–0.10	-	-
Manganese (mg)	-	0.04–0.07	0.04–0.08	-	0.03–0.07	-	-
Boron (mg)	-	0.50–0.54	0.09–0.19	-	0.51–0.72	-	-
Vitamin C (mg)	20	18.2–23.3	2–12	22	14.1–15.4	-	-
B ₁ Thiamin (mg)	0.1	0.25–0.31	0.09–0.15	0.08	0.19–0.22	-	-
B ₂ Riboflavin (mg)	0.06	0.09–0.11	0.02–0.05	0.05	0.07–0.10	-	-
B ₃ Niacin (mg)	1.2	1.6–1.8	0.75–1.4	0.7	1.6–1.9	-	-
Folic acid (µg)	-	-	0.67–1.0	-	-	-	-
β-carotene (µg)	24	-	8–20	30	-	48–140	1–868
alpha-carotene (µg)	-	-	-	-	-	<10–14	<5–142
β-cryptoxanthin (µg)	-	-	8–11	-	-	1	<10
lycopene (µg)	-	-	13–26	-	-	-	-
lutein (µg)	-	-	41–120	-	-	204–	35–750
						590	

¹Dignan et al. 2004 (sin datos de variedades); ² Meilleur et al. 2004 (1 variedad, 2 ubicaciones); ³ Ragone and Cavaletto 2006 (20 variedades); ⁴ Englberger et al. 2007 (14 variedades cocidas, 2 crudas).

Golden et al. (2001) demostraron que esta planta tiene un contenido alto en aminoácidos esenciales y ácidos grasos, además que aporta energía debido a monosacáridos, disacáridos y trisacáridos que posee (Tabla 2)

Tabla 2. Contenido de aminoácidos, ácidos grasos y carbohidratos del *Artocarpus altilis*

Amino acid	RRT+ (standars)	RRT (sample)	Mature green (g/100 g FW)	Ripe (g/100 g FW)	Over-ripe (g/100 g FW)
Aspartic acid	0.14 ± 0.04	0.16 ± 0.00	1.55 ± 0.06	2.57 ± 0.52	2.71 ± 0.13
Glutamic acid	0.19 ± 0.05	0.21 ± 0.00	0.52 ± 0.06	0.82 ± 0.11	4.22 ± 0.15
Hydroxyproline	0.28 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.01 ± 0.00	0.18 ± 0.01	0.15 ± 0.01
Serine	0.33 ± 0.01	0.35 ± 0.01	0.14 ± 0.00	0.24 ± 0.09	0.33 ± 0.01
Glycine	0.36 ± 0.00	0.38 ± 0.01	0.40 ± 0.07	0.66 ± 0.06	0.80 ± 0.05
Threonine	0.46 ± 0.00	0.46 ± 0.00	0.24 ± 0.01	0.24 ± 0.09	0.33 ± 0.01
Alanine	0.48 ± 0.00	0.48 ± 0.00	0.33 ± 0.06	1.59 ± 0.47	2.92 ± 0.09
Histidine	0.51 ± 0.00	0.51 ± 0.00	0.18 ± 0.08	0.44 ± 0.08	0.65 ± 0.17
Proline	0.54 ± 0.00	0.56 ± 0.00	0.09 ± 0.00	0.53 ± 0.09	0.26 ± 0.01
Arginine	0.59 ± 0.02	0.61 ± 0.05	0.10 ± 0.03	0.33 ± 0.07	0.41 ± 0.02
Tyrosine	0.76 ± 0.00	0.71 ± 0.00	0.06 ± 0.01	0.61 ± 0.03	0.70 ± 0.11
Valine	0.77 ± 0.00	0.77 ± 0.00	0.19 ± 0.05	0.03 ± 0.01	0.16 ± 0.03
Methionine	0.82 ± 0.00	0.82 ± 0.00	0.21 ± 0.05	0.02 ± 0.01	0.13 ± 0.02
Isoleucine	0.95 ± 0.00	0.95 ± 0.00	0.10 ± 0.01	0.23 ± 0.03	0.25 ± 0.04
Leucine	0.96 ± 0.00	0.96 ± 0.00	0.22 ± 0.03	0.61 ± 0.01	0.71 ± 0.16
Phenylalanine	1.08 ± 0.00	1.09 ± 0.01	0.15 ± 0.03	0.32 ± 0.01	0.72 ± 0.11
Lysine	1.15 ± 0.00	1.14 ± 0.00	0.03 ± 0.02	0.80 ± 0.22	1.53 ± 0.00

Presentado en media ± desviación estándar.

† RRT, tiempo de retención relativo.

Aporte de ácidos grasos

Fatty acid	RRT+ (standars)	RRT (sample)	Mature green (mg/100 g FW)	Ripe (mg/100 g FW)	Over-ripe (mg/100 g FW)
Caproic	0.22 ± 0.00	0.26 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.24 ± 0.00	0.44 ± 0.08
Capric	0.31 ± 0.00	0.35 ± 0.01	n.d.‡	6.67 ± 0.23	7.06 ± 0.03
Lauric	0.44 ± 0.00	0.48 ± 0.02	1.36 ± 0.04	6.94 ± 0.35	16.57 ± 0.41
Myristic	0.64 ± 0.01	0.66 ± 0.03	5.44 ± 0.04	11.18 ± 0.21	31.95 ± 0.14
Palmitic	0.92 ± 0.01	0.89 ± 0.05	1.47 ± 0.33	4.91 ± 0.20	7.23 ± 0.22
Linolenic	1.09 ± 0.01	1.10 ± 0.04	0.01 ± 0.00	2.13 ± 0.23	1.19 ± 0.01
Linoleic	1.30 ± 0.00	1.32 ± 0.01	0.35 ± 0.02	0.15 ± 0.03	0.19 ± 0.41
Oleic	1.37 ± 0.02	1.39 ± 0.00	3.92 ± 0.27	10.34 ± 0.15	34.61 ± 0.07
Stearic	1.71 ± 0.03	1.74 ± 0.02	0.22 ± 0.06	2.24 ± 0.10	4.75 ± 0.41
Arachidic	2.31 ± 0.00	2.36 ± 0.00	0.39 ± 0.10	0.47 ± 0.09	1.21 ± 0.45
Behenic	2.84 ± 0.00	2.86 ± 0.03	0.03 ± 0.00	0.31 ± 0.01	0.63 ± 0.03

* Presentado en media ± desviación estándar.

† RRT, tiempo de retención relativo.

‡ n.d., no detectado.

Contenido de carbohidratos					
Carbohydrate	RRT+ (standars)	RRT (sample)	Mature green (mg/100 g FW)	Ripe (mg/100 g FW)	Over-ripe (mg/100 g FW)
Arabinose	0.45 ± 0.00	0.44 ± 0.00	0.22 ± 0.04	0.31 ± 0.02	0.47 ± 0.01
Xylose	0.58 ± 0.00	0.53 ± 0.00	0.19 ± 0.01	0.20 ± 0.01	0.32 ± 0.01
Fructose	0.70 ± 0.02	0.70 ± 0.01	n.d.‡	0.07 ± 0.03	0.16 ± 0.03
Galactose	0.83 ± 0.01	0.84 ± 0.00	0.18 ± 0.02	0.36 ± 0.00	0.34 ± 0.03
Glucose	0.90 ± 0.00	0.94 ± 0.02	0.22 ± 0.04	0.44 ± 0.03	0.37 ± 0.01
Sucrose	1.63 ± 0.00	1.66 ± 0.01	0.25 ± 0.04	0.62 ± 0.11	0.42 ± 0.08
Maltose	1.69 ± 0.01	1.70 ± 0.00	n.d.	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
Cellobiose	1.73 ± 0.00	1.73 ± 0.00	n.d.	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
Trehalose	1.77 ± 0.01	1.77 ± 0.02	n.d.	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
Gentiobiose	1.89 ± 0.02	1.85 ± 0.04	0.02 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.01 ± 0.00
Raffinose	2.28 ± 0.02	2.29 ± 0.03	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.01 ± 0.00

* Presentado en media ± desviación estándar.
† RRT, tiempo de retención relativo.
‡ n.d., no detectado.

1.2.2. Aporte nutritivo

En cuanto a los efectos benéficos que aporta, la gran cantidad de aminoácidos que contiene, puede ser empleados para sintetizar proteína microbiana o bien, como ocurre con la mayor parte de ellos, son utilizados como fuente energética. En este caso los microorganismos separan el grupo amino del aminoácido y lo liberan al medio ruminal como un producto de desecho, y emplean la cadena carbonada para obtener energía como si se tratara de un hidrato de carbono. Por otro lado, los grupos amino (-NH₂) libres se convierten, por adiciones de H⁺ en el ambiente reductor del rumen, en amoníaco (NH₃) y luego en amonio (NH₄⁺), por lo cual la concentración de este último sirve como un indicador de la actividad proteolítica en el rumen (Acosta et al., 1977). Los compuestos orgánicos que localizamos en la semilla del *Artocarpus altilis* son: metionina y lisina las cuales ayudan en la producción láctea, mientras que la leucina e isoleucina intervienen en la producción de AGV por medio de su degradación enzimática (Bondi et al., 1998).

Por otro lado, está el uso de la cascarilla de cacao el cual ha sido incluido en dietas animales obteniendo óptimos resultados.

1.2.3. Cáscara de cacao (*Theobroma cacao*)

El Ecuador ha sido tradicionalmente uno de los países mayores productores de cacao, estos procesos generan grandes desperdicios, siendo uno de ellos la cascarilla que contiene nutrientes y elementos que han sido aprovechados en otros países como una alternativa para la alimentación animal. El cacao es una de las más importantes especies de bosques húmedos tropicales. Las semillas del mismo producen productos comerciales: chocolate y mantecas de cacao, para su obtención son fermentadas, tostadas, rotas y esparcidas para dar un polvo del cual se obtiene la grasa. El cacao contiene cerca de 300 compuestos volátiles incluyendo esteroides, hidrocarbocarbonos, monocarbonilos, piroles, y otros más. Se ha mencionado que los importantes componentes de sabor son esteroides alifáticos, polifenoles, carbonilos aromáticos insaturados, diketopiperazinas, pirazinas y teobromina. También contiene cerca de 18% de proteínas (8% digestibles); grasas (manteca de cacao); aminas y alcaloides incluyendo teobromina (0,5 a 2,7%), cafeína (0,25 a 1,43%), tiramina, dopamina, salsolinol, trigonelina, ácido nicotínico y aminoácidos libres; taninos, fosfolípidos, etc. Por otra parte, las semillas de *Theobroma cacao*, fueron tempranamente reconocidas como una rica fuente de bioelementos (Tabla 3) (Garzaro et al., 1998).

Tabla 3. Composición química de las semillas de *Theobroma cacao* (Garzaro et al., 1998)

CONTENIDO EN LAS SEMILLAS DEL (CACAO POR 100 g)			
Calorías	456	Arginina	0.03-0.08 gr
Agua	3.6 ml	Treonina	0.14-0.84 gr
Proteína	12.0 gr	Serina	0.88-1.99 gr
Grasa	46.3 gr	Acido Glutámico	1.02-1.77 gr
Carbohidratos (totales)	34.7 gr	Prolina	0.72-1.97 gr
Fibra	8.6 gr	Glicina	0.09-0.35 gr
Glucosa	8-13 gr	Alanina	1.04-3.61 gr
Sucrosa	0.4-0.9 gr	Valina	0.57-2.60 gr
Calcio	106 mg	Lisina	0.08-0.56 gr
Fósforo	537 mg	Leucina	0.45-4.75 gr
Hierro	3.6 mg	Isoleucina	0.56-1.68 gr
Tiamina	0.17-0.24 mg	Tirosina	0.57-1.27 gr
Riboflavina	0.14-0.41 mg	Fenilalanina	0.56-3.36 gr
Niacina	1.7 mg	Calorías	456
Acido Ascórbico	3.0 mg	Agua	3.6 ml
Piridoxina	0.9 mg	Proteína	12.0 gr
Nicotinamida	2.1 mg	Grasa	46.3 gr
Acido Pantoténico	1.35 mg	Carbohidratos (totales)	34.7 gr
Histidina	0.04-0.08 gr	Fibra	8.6 gr

Garzaro et al., 1998

Las simientes de cacao están rodeadas por una pulpa mucilaginosa aromática la cual procede de sus tegumentos, compuesta por células esponjosas parenquimatosas, que contienen células de savia ricas en azúcares (10-13%), pentosas (2-3%), ácido cítrico (1-2%), y sales (8-10%). Aproximadamente 40 litros de pulpa se pueden obtener de 800 kilos de semillas frescas; contiene cerca del 1% de pectina (Wood et al., 1985). Cada tonelada de semilla seca representa cerca de 10 toneladas de cáscara del cacao (peso fresco). La cual contiene teobromina por lo que es restringida la proporción en la cual puede ser consumida, por lo que su uso ha sido limitado, sin embargo, los reportes indican que este alimento puede constituir el 20% de una ración para aves de corral, de 30-50% para cerdos, y 50% para ovejas, cabras y ganado lechero (Wood et al, 2008).

1.2.4. Aporte nutritivo

El porcentaje de azúcares que se encuentra en la pulpa de este fruto favorece al desarrollo de bacterias glucolíticas y genera más propionato, precursor de la glucosa sanguínea, que a su vez proporciona energía para la síntesis de lactosa y proteína láctea, la glucosa al ser fuente energética ayuda al mantenimiento corporal y la ganancia de peso. Por otro lado, la semilla aporta varios bioelementos como proteínas, carbohidratos y grasas. Las proteínas ingresan al rumen desdoblándose en aminoácidos que forman amoniaco, mismo que es utilizado por la flora bacteriana para producir su propia proteína. La proteína bacteriana es aprovechada en mayor parte por el bovino. En cuanto a los carbohidratos se están contenidos en el alimentos como azúcares y pectinas, su función es proveer energía al igual que las grasas (Blakemore, 1966).

1.2.5. Efecto de la Dieta en las funciones del rumen

Las raciones deben formularse con el objetivo de obtener el máximo rendimiento, respetando los principios básicos de la simbiosis ruminal. En consecuencia, los niveles de hidratos de carbono en la ración deben aportar el máximo de energía al animal manteniendo el equilibrio ruminal entre la flora fibrolítica y la amilolítica. El aporte máximo de energía requiere la optimización de la ingestión de materia seca (que depende fundamentalmente de los niveles de FDN). El equilibrio ruminal requiere una fermentación de velocidad moderada (que depende de la cantidad, el tipo y el procesado de azúcares, almidones y fibras solubles) y el aporte de niveles mínimos de fibra que garanticen el llenado ruminal, que estimulen la rumia,

y que permitan la suficiente secreción salivar para garantizar un pH ruminal superior a 6,0 (que depende de la cantidad, el tipo y la forma de la FDN de la ración).

La estrategia alimentaria de los rumiantes se basa en la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal. Mientras el rumiante aporta alimentos y las condiciones medioambientales adecuadas (temperatura, acidez, anaerobiosis, ambiente reductor), las bacterias utilizan parcialmente los alimentos haciendo útiles los forrajes (de otra forma indigestibles para los mamíferos) y aportando productos de la fermentación con valor nutritivo para el rumiante (los ácidos grasos volátiles) y sus propios cuerpos microbianos. La característica más peculiar de las bacterias fibrolíticas es su capacidad de digerir la fibra, produciendo acetato como producto principal de fermentación. El acetato es fundamental para la síntesis de grasa de la leche. Sin embargo, es esencial que el pH ruminal se mantenga por encima de 6.0 para garantizar las condiciones idóneas para su funcionamiento. A medida que se conocen los efectos de las condiciones del medio ruminal sobre la actividad y desarrollo de las diversas poblaciones microbianas será más fácil predecir el aporte de nutrientes derivados de una ración.

La producción de ácidos grasos depende de la fermentabilidad de la ración, que a su vez depende de la cantidad y de la velocidad de degradación de los almidones. El riesgo de acidosis es tanto mayor cuanto mayor sea la cantidad y la velocidad de degradación de los almidones. Asimismo, el riesgo de acidosis es mayor cuando el pienso se administra en una o dos tomas diarias, y disminuye con la administración de concentrado mediante collares magnéticos o en raciones unifeed (Erdam, 1989).

La capacidad tampón del medio ruminal depende de la cantidad de saliva segregada por el rumiante y de la capacidad tampón de los alimentos ingeridos. La cantidad de saliva segregada por minuto de masticación o rumia, permanece relativamente constante independientemente del tipo de alimento. Sin embargo, el tiempo empleado para la masticación y rumia depende del contenido en paredes celulares, de tal manera que a mayor contenido en fibra, mayor tiempo de masticación, y en consecuencia mayor secreción de saliva (Welch et al., 1970). Además, la forma de mayor para el heno, intermedio para el ensilado y el pasto, y bajo para el forraje en forma de pellet. Por último, el tamaño de partícula también afecta al tiempo de masticación y rumia, con el consiguiente efecto sobre la secreción salivar. Estos factores juegan un papel fundamental en el mantenimiento de las condiciones ruminales, y repercuten en la incidencia del síndrome de acidosis ruminal, en el

nivel graso de la leche y en la incidencia de desplazamientos de abomaso (Bailey et al., 1959).

El uso de subproductos, el tipo de forraje y el procesado fino de algunos forrajes (para permitir un mejor ensilado, o los henos en forma de pellet) ha resultado en la aparición de síndromes típicamente asociados a la falta de fibra en la ración (acidosis, disfunción ruminal, desplazamientos de abomaso). Muchos subproductos comúnmente utilizados en raciones de rumiantes son ricos en fibra y pueden utilizarse para reemplazar parcialmente los forrajes de la ración. Esta sustitución es particularmente importante en nuestro país, donde la calidad de los forrajes es frecuentemente limitada.

La fibra efectiva puede definirse como la capacidad real de la fibra para estimular la rumia y la salivación, que resulta en el mantenimiento de las condiciones ruminales óptimas para la producción de leche, y depende del tipo, la forma y el tamaño de la fibra que estimula la rumia (Sudweeks et al., 1981; Santini et al., 1983).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1.1. HIPÓTESIS

El consumo voluntario de subproductos agrícolas como la Cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y Fruta de pan (*Artocarpus altilis*) influye en la degradación de nutrientes.

1.2. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto de dietas a base de la Cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y Fruta de pan (*Artocarpus altilis*) sobre la degradación, digestibilidad, fermentación y pH ruminal en bovinos *in situ* e *in vitro*.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de los subproductos de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y fruta de pan (*Artocarpus altilis*).
- Valorar la degradación ruminal de la MS, MO y pH *in situ*
- Determinar la digestibilidad de la MS, MO y la producción de gas *in vitro*.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Ubicación del experimento

El experimento se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca, ubicado en el cantón Cevallos provincia de Tungurahua. A una altitud de 2865 msnm y una temperatura promedio anual de 12 °C.

1.2. Animales, alojamiento, alimentación y tratamientos

Se utilizaron 6 toros machos castrados de aproximadamente de 2 años de edad con 350 kg de peso promedio. Provistos de una fistula en el rumen (Bar Diamond, Parma, Idaho, USA). Los animales se alojaron en corrales individuales con techo de zinc y piso de cemento y acceso a alimento y agua *ad libitum*.

La alimentación fue a base de una dieta integral formulada según los requerimientos nutricionales para toros castrados del AFRC (1980). Los animales fueron distribuidos de manera aleatoria según el diseño empleado y de acuerdo a cada tratamiento: **T1**: 0 % de inclusión de *Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao*. **T2**; 15% de inclusión de *Theobroma cacao*. **T3**: 15% de inclusión de *Artocarpus altilis* (Tabla 5). Los sustratos incluidos en la Dieta (*Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao*) fueron incorporados en forma de harina.

1.3. Variables respuesta

- **Degradación ruminal de nutrientes *in situ***: La degradación ruminal *in situ* de los nutrientes se estimó siguiendo la metodología de la bolsa de nylon (0.42 μ) en el rumen descrita por (Orskov, Hovell, & Mould, 1980). En cada toro (n=6) una bolsita que contenía 5g de MS 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 y lavadas con agua corriente y secadas a 60 °C. Las bolsas empleadas para medir la pérdida por lavado (0 h), no se incubaron en el rumen y sólo se lavaron 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 fue calculada como una

proporción del material incubado y residual. Los datos se ajustaron a la ecuación: $Y = a + b(1 - e^{-ct})$ y la degradación efectiva se ajustó mediante la ecuación $DE = a + [(b \cdot c)/(c + k)]$ considerando una tasa de pasaje (k) de 0.02, 0.05 y 0.08% (Ørskov y McDonald, 1979; Prisma 4, GraphPad Software, Inc. de San Diego, CA, USA.).

- **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 toro (toros por tratamientos). El contenido ruminal fue colectado antes de la alimentación en la mañana y almacenado en recipientes plásticos y transportados al laboratorio para ser procesado dentro de la primera hora de la recolección. Las muestras de alimento se tomaron según los tratamientos. La preparación de medios ricos en nitrógeno (saliva artificial) se realizó según lo descrito por Menke y Steingass (1988). La producción de gas se realizó mediante la metodología descrita por Theodorou et al. (1994) la cual consiste en colocar 0.500 mg de MS de muestra (Dietas T1, T2 y T3) en botellas de vidrio ámbar con capacidad de 100 ml. En las botellas se incubó 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. La medición de la presión de gas y el volumen fue medido manualmente a los siguientes tiempos 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72 y 96 horas posterior a la incubación con un transductor de presión (DO 9704, Delta OHM, Italia) y jeringas plásticas. Para cada tratamiento 6 botellas fueron usadas en cada dieta por cada líquido de las tres dietas suministradas, en cada tiempo y tres botellas adicionales se usaron como blancos. Al final de la 96 h los datos fueron ajustados a la ecuación monobásica $ml\ gas = GV(1 + (B/t)^C)^{-1}$ descrita por Groot et al. (1996). Adicionalmente, seis frascos más por cada tratamiento fueron incubados hasta las 48 horas para estimar la digestibilidad *in vitro* de la MS y MO.
- **Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃), pH y Ácidos Grasos Volátiles (AGVs):** En cada periodo experimental (15 días de adaptación y 5 días de muestreo) en los días de muestreo se midió el pH por dos días cuatro veces al día (antes y después de alimentar; 09:00, 11:00, 13:00 y 17:00 h). Adicionalmente, un total de 300 ml de líquido ruminal de cada animal fue tomado a través de la cánula durante los periodos de muestreo dos veces por día (antes y después de alimentar; 09:00 y 13:00 h).

Las muestras fueron filtradas usando un gasa y una submuestra de 10 ml fue preservada con 10 ml de HCL al 5% (v/v) y almacenada a 4°C hasta analizar el N-NH₃. Otra submuestra de 10 ml de líquido ruminal fue mezclada con 2.5 ml de ácido metafosfórico al 25 % y almacenada a 4°C hasta el posterior análisis de los AGVs.

- **Análisis químicos:** La Materia Seca (#7.007) y ceniza (#7.009) fue determinado según la metodología descrita por AOAC (1990). La Fibra Detergente Neutra y la Fibra Detergente Ácida se determinaron mediante el método 12 y 13 respectivamente del analizador Ankom²⁰⁰⁰ Technology. La proteína cruda se determinó mediante análisis elemental de N usando un LECO 628 de LECO corporetion. Los AGVs se determinaron de acuerdo a la metodología descrita por Ryan (1980) usando un cromatógrafo de gases. El N-NH₃ se determinó con una técnica colorimétrica usando un espectrofotómetro según la metodología descrita por Barros-Rodríguez et al. (2015).

1.4. Diseño experimental y análisis estadísticos

Se realizó un diseño de cuadrado latino repetido, utilizando como factor de bloqueo el tiempo (periodos experimentales) para las variables pH, AGVs, N-NH₃. Y el mismo diseño en arreglo factorial 3 x 3 para la variable degradación ruminal de la MS y MO. Los periodos experimentales fueron de 15 días de adaptación y 5 días de muestreo. Con respecto a las pruebas *in vitro* se realizó un diseño factorial 3 x 3 (líquidos ruminal x Dietas). Todas las variables se las analizaron según el diseño empleado utilizando el PROC GLM SAS. La comparación de medias se analizó mediante la prueba de Tukey. Adicionalmente, se realizó contrastes ortogonales para observar el efecto entre los tratamientos (SAS 2009).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- **Digestibilidad *in vitro***

En la (tabla 5) se observa el efecto entre los líquidos ruminales y la digestibilidad *in vitro* de MO y MS de dietas incubadas ($P=0.0001$ y $P=0.0041$), así como, efecto entre las dietas ($P=0.0082$ y $P=0.0131$); obteniendo diferencias altamente significativas, dando como resultado una mayor digestibilidad al incubar (D1) en el líquido ruminal LD1, mientras que al incubar (D2) en el líquido ruminal LD2 observamos un descenso en la digestibilidad.

Tabla 4. Digestibilidad *in vitro* de MS y MO como efecto de la adición de dietas que contienen harina de cáscara y harina de fruta de árbol de pan (*Artocarpus altilis*)

Líquido ruminal de toros alimentados con:	Dietas incubadas	Digestibilidad <i>in vitro</i>	
		DM	MO
LD1	D1	669,8a	791,3a
	D2	606,7ab	762,6ab
	D3	546,8abc	780,8ab
LD2	D1	548,5abc	768,8ab
	D2	426,2c	716,3b
	D3	468,4bc	719,6b
LD3	D1	607,7ab	777,6ab
	D2	524,4abc	763,0ab
	D3	605,7ab	735,7ab
SEM		35,05	15,0
Valor P		0,0003	0,0053
TAD		0,0001	0,0041
Dietas		0,0082	0,0131
TAD x Dietas		0,2641	0,4290
Contrasts			
	Dieta 1 x Dieta 2	0,3246	0,1199
	Dieta 1 x Dieta 3	0,0001	0,0010
	Dieta 2 x Dieta 3	0,0013	0,0585
	Dieta 1 x Dieta 2 x Dieta 3	0,0031	0,0050

^{a,b,c} Medias dentro de una columna seguida por la misma letra no son diferentes en $P=0.05$. D1: Dieta control, D2: Dieta con 15% de harina de cáscara de cacao D3: Dieta con 15% de harina de (*Artocarpus altilis*). SEM: error estándar de la media. GV, B and C son parámetros de la ecuación $mL \text{ gas} = GV (1 + (B/t)^C)^{-1}$ (Groot et al., 1996), TAD: toros alimentados con las distintas dietas.

El efecto observado entre líquidos ruminales y digestibilidad *in vitro* en MS y MO de las dietas incubadas, se atribuye a la presencia de carbohidratos estructurales, no estructurales y lignina (Jarrige et al., 1961); por lo tanto el líquido ruminal de toros alimentados con LD1, obtuvieron mayor digestibilidad al tener menor porcentaje de lignina en su pared celular, influyendo en las dietas incubadas D1, D2, D3.

En cuanto a la dieta elaborada a base de harina de cáscara de cacao LD2 (D2), a pesar de la presencia de carbohidratos no estructurales, no es altamente digestible. (Moss et al., 2002). Las variaciones en la digestibilidad de ambas podrían atribuirse a la concentración de lignina en la dieta, (Chamberlain et al., 1994); la cual no es digestible ni por las enzimas digestivas del animal ni por las microbianas del rumen, carece de valor nutricional y además bloquea el acceso de los microorganismos a los H₂O_C de la pared celular, influyendo en la velocidad y el porcentaje de digestibilidad (Lee et al., 2003; Hristov et al., 2005).

- **Producción de gas *in vitro***

Los parámetros de producción de gas *in vitro* muestran diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,0001$) entre los líquidos ruminales (inóculos: LD1, LD2 y LD3 líquidos ruminales provenientes de animales que consumían tres tipos de Dietas D1, D2 y D3) y Dietas (D1; Dieta testigo, D2; Dieta con 15% de cacao y D3; Dieta con 15% de fruta de pan) obteniéndose la menor producción acumulada de gas ml/0.5g MS fermentable (GV) al incubar D2 en el líquido ruminal LD3; seguido de la dieta D1 (LD1), sin embargo, en el LD1 se obtuvo alta significancia estadística ($P < 0,0001$) al incubar la dieta D3. El mismo efecto se observó en la asíntota (*B*) de producción de gas. Con respecto, a las horas de producción de gas, desde la tercera hora de fermentación existe un efecto de LD2 proveniente de los toros sobre las dietas incubadas (Tabla 6).

Los resultados observados en los parámetros de producción de gas (GV) y (*B*) se atribuyeron a la influencia de las dietas incubadas en los líquidos ruminales, dando como resultado que la dieta D2 incubada en el líquido ruminal LD3 posee una tasa de fermentación inferior a las otras dietas, esto se atribuye a la presencia de lignina en la dieta incubada (Pulido et al., 1998); la cual, constituye una especie de barrera física para la fermentación microbiana de la celulosa y hemicelulosa, causando una baja fermentación. A diferencia de LD1 (D3) donde la dieta D3 influye sobre el líquido ruminal debido a, que es menos lignificada y sus carbohidratos no estructurales son fermentados más rápidamente y completamente (Cheeke et al., 1995). En cuanto a la dieta LD1 (D1) la presencia de carbohidratos estructurales se retiene en el rumen donde la celulosa y hemicelulosa fermentan lentamente, dando como resultado una baja fermentación (Jung et al., 1995).

- **Cinética de degradación ruminal *in situ***

En los parámetros de degradación ruminal *in situ* de la MS y MO (Tabla 7 y 8), en la fracción soluble (A), fracción insoluble pero potencialmente degradable (B) y (c) tasa de degradación en porcentaje por hora, no se observó diferencias estadísticas entre los tratamientos (MS; $P=0.3409$, $P=0.6375$ y $P=0.5086$, MO; $P=0.2082$, $P=0.5689$ y $P=0.4758$ respectivamente) por el consumo de las Dietas (TAD) sobre los parámetros de degradación ruminal al incubar las tres Dietas (D1, D2 y D3). Con respecto a la degradación efectiva de la MS y MO (k ; 0.08 h^{-1} , 0.05 h^{-1} , 0.02 h^{-1}) no se observó efecto entre el consumo de las dietas sobre la degradación efectiva de la mismas (MS; $P=0.4115$, $P=0.4115$, $P=0.4024$, MO; $P=0.5033$, $P=0.5546$, $P=0.4761$ respectivamente). Sin embargo, al comparar la degradación efectiva de las dietas existe diferencias entre la degradación entre dietas (D1, D2 y D3; MS $P=0.0027$, $P=0.0027$, $P=0.0045$ y MO; $P=0.0367$, $P=0.0173$, $P=0.0249$ respectivamente), donde se obtuvo un efecto en la comparación (Dieta 1 x Dieta 2) y (Dieta 1 x Dieta 2 x Dieta 3). Con respecto a las horas de degradación en el rumen no se observó un efecto en MS y MO $P=$ (0.3947, 0.0964, 0.7546, 0.4904, 0.1845, 0.1174) entre el consumo de las dietas sobre la degradación de la mismas. En cuanto a la degradación de solo dietas existe diferencia a partir de la hora 6 en MS $P=$ (0.0061, 0.0008, 0.0001, 0.0001, 0.0054), mientras que en MO existe diferencia en todas las horas de degradación ruminal $P=$ (0.0472, 0.0146, 0.0029, 0.0001, 0.0001, 0.0073).

Los valores obtenidos en, K (0.08 h^{-1} , 0.05 h^{-1} , 0.02 h^{-1}) en la degradación entre dietas tabla (7 y 8) muestra que la presencia de carbohidratos estructurales influye en la tasa de degradación del alimento, por lo tanto la combinación de dieta a base de cacao se degrada más rápido que los demás tratamientos; ya que, esta formulación presenta una mayor cantidad de carbohidratos solubles y se encuentran en mayor disponibilidad para los microorganismos ruminales (Pulido et al., 1998). Además posee alto contenido de lignina que no es degradable por las bacterias y el pasaje se acelera; se vacía el rumen, teniendo posibilidad del ingreso de nuevos alimentos. La degradación de un alimento resulta de fuerzas competitivas que actúan simultáneamente, tasa de pasaje y tasa de degradación (Ellis, 2007; Van Soest, 1994). En cuanto a los valores superiores obtenidos puede ser atribuida a diferencias en contenido de carbohidratos. Junto a esto, la menor degradabilidad ruminal de la MS puede ser explicada por el aumento de fracciones indigerible del forraje como la presencia de taninos en la dieta de frutipan (D3).

Tabla 5. Parámetros *in vitro* de producción de gas (ml/0.5 g fermentado DM) Como efecto de la adición de Dietas que contienen harina de cáscara de cáscara y harina de fruta de *Artocarpus altilis*.

Líquido ruminal de toros alimentados con:	Dietas incubada	mL/0.5 g fermentado DM											
		Parámetros de producción de gas			Horas de producción de gas <i>in vitro</i>								
		GV	BI	CI	3	6	9	12	18	24	48	72	96
LD1	D1	401,7b	21,8ab	1,04bc	52,1b	86,6de	113,9cd	136,9bc	175,4bc	211,0b	284,9bc	312,2bc	322,8ab
	D2	388,4bc	18,8bc	0,98cd	60,3a	99,3bc	128,5b	152,4b	187,9b	219,4b	283,2c	306,8bc	316,5b
	D3	442,8a	25,8a	0,89d	62,6a	95,7cd	121,7bc	143,7bc	178,4bc	211,4b	280,4c	306,7bc	317,2b
LD2	D1	385,6bc	20,4ab	1,12b	43,9c	79,9ef	110,5cd	136,1bc	174,7bc	211,0b	282,8c	310,6bc	321,9ab
	D2	376,9bc	21,1ab	1,12b	43,0c	75,7ef	104,1de	127,3cd	167,3cd	204,5bc	273,1c	301,6c	313,8b
	D3	400,6b	26,1a	1,09b	40,9c	70,2f	96,3e	117,9d	153,9d	191,5c	269,2c	301,4c	314,8b
LD3	D1	368,6bc	11,1d	1,28a	64,2a	113,1a	154,7 ^a	192,3a	240,3a	272,4a	316,6a	337,6a	345,0a
	D2	359,8c	11,7d	1,24a	59,9a	107,9ab	147,4 ^a	181,9a	227,4a	258,4a	303,9ab	325,7ab	334,9ab
	D3	375,8bc	13,2cd	1,22a	65,4a	115,3a	156,4 ^a	192,9a	240,7a	272,9a	317,9a	339,8a	348,4a
SEM		7,40	1,45	0,02	1,29	2,41	3,06	3,59	3,74	3,76	4,27	5,19	5,83
Valor P		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001
TAD		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Dietas		<0,0001	0,0002	<0,0001	0,0262	0,8653	0,7368	0,4639	0,1779	0,1346	0,0704	0,0704	0,2364
TAD x Dietas		0,0745	0,2080	0,0466	<0,0001	0,0002	0,0003	0,0003	0,0003	0,0009	0,1610	0,1610	0,7770
Contrasts													
	Dieta 1 x Dieta 2	0,0003	0,7232	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0004	0,0309	0,3481	0,6783
	Dieta 1 x Dieta 3	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Dieta 2 x Dieta 3	0,0019	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Dieta 1 x Dieta 2 x Dieta 3	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,9149	0,0027	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0006	0,0048	0,0108

^{a,b,c} Medias dentro de una columna seguida por la misma letra no son significativamente diferentes en $P=0.05$. D1: Dieta control, D2: Dieta con 15% de harina de cáscara de cacao D3: Dieta con 15% de harina de (*Artocarpus altilis*). SEM: error estándar de la media. GV, B and C son parámetros de la ecuación $\text{ml gas} = \text{GV} (1 + (B/t)^C)^{-1}$ GV: volumen acumulado de gas (ml gas/h) correspondiente a la completa digestión del alimento, b1: asíntota de producción de gas acumulada, c1: tasa constante de producción de gas del material potencialmente degradable (% h⁻¹). (Groot et al., 1996), TAD: toros alimentados con las distintas dietas.

Tabla 6. Parámetros de degradación ruminal de materia seca de Dietas que contiene harina de cáscara de cacao y harina de la fruta *Artocarpus altilis*.

Toros alimentados con	Dietas incubadas	Parámetros de degradación ruminal			Degradación ruminal efectiva (<i>k</i> -values h ⁻¹)			Horas de degradación en el rumen					
		a	b	c	0,08 h ⁻¹	0,05 h ⁻¹	0,02 h ⁻¹	3	6	12	24	48	72
		TAD1	D1	448,9a	264,8a	0,05a	546,3a	576, 0a	632,7ab	479,5a	518,2a	566,3a	624,5a
	D2	441,1a	322,6a	0,04a	519,3abc	545,5abc	603,9bcd	463,9a	493,0a	536,8a	587,0ab	627,6ab	677,6a
	D3	434,5a	280,6a	0,06a	545,8a	577,6a	636,0a	468,2a	521,3a	570,5a	629,1a	677,0a	716,3a
TAD2	D1	425,3a	270,9a	0,06a	536,2abc	566,9ab	622,6abc	466,1a	503,4a	563,7a	620,5a	668,4ab	690,6a
	D2	435,1a	501,6a	0,04a	513,4bc	538,9bc	598,5cd	455,2a	493,8a	530,9a	578,3ab	619,4b	668,7a
	D3	438,2a	285,6a	0,05a	538,1ab	566,8ab	623,6abc	474,9a	506,4a	561,5a	620,2a	653,3ab	696,1a
TAD3	D1	426,3a	280,0a	0,06a	534,8abc	564,6ab	621,1abcd	467,9a	499,9a	565,8a	621,5a	653,3ab	692,8a
	D2	434,9a	330,5a	0,05a	509,7c	534,3c	592,9d	461,1a	487,9a	532,6a	564,8b	617,6b	663,5a
	D3	414,8a	304,4a	0,07a	532,9abc	563,2abc	619,9abcd	461,3a	505,5a	558,6a	620,2a	656,5ab	687,2a
SEM		13,36	84,85	0,010	7,51	8,24	8,74	6,51	7,48	10,67	11,73	11,57	11,8
Valor P		0,8096	0,6501	0,9077	0,0436	0,0436	0,0655	0,2812	0,0408	0,0436	0,0009	0,0014	0,0543
TAD		0,3409	0,6375	0,5086	0,4115	0,4115	0,4024	0,3947	0,0964	0,7546	0,4904	0,1845	0,1174
Dietas		0,7729	0,2265	0,4590	0,0027	0,0027	,0045	0,1112	0,0061	0,0008	0,0001	0,0001	0,0054
TAD x Dietas		0,7886	0,7364	0,9867	0,0436	0,0213	0,7175	0,4614	0,7998	0,9893	0,9333	0,8904	0,9552
Contrasts													
	Dieta 1 x Dieta 2	0,1449	0,8227	0,2567	0,0262	0,0214	0,0148	0,1894	0,0375	0,5283	0,2407	0,0769	0,0510
	Dieta 1 x Dieta 3	0,4305	0,3650	0,7097	0,1160	0,0943	0,0746	0,3371	0,1226	0,5081	0,4543	0,1924	0,1169
	Dieta 2 x Dieta 3	0,4950	0,4939	0,4430	0,4901	0,0225	0,4822	0,7189	0,5717	0,9750	0,6662	0,6285	0,6861
	Dieta 1 x Dieta 2 x Dieta 3	0,1949	0,5136	0,3838	0,0292	0,0225	0,0155	0,1904	0,0373	0,4560	0,2677	0,0771	0,0432

^{a,b,c} Medias dentro de una columna seguida por la misma letra no son significativamente diferentes en $P=0.05$. D1: Dieta control, D2: Dieta con 15% de harina de cáscara de cacao D3: Dieta con 15% de harina de (*Artocarpus altilis*). SEM: error estándar de la media. A, B, and c parámetros de la ecuación que describen la degradación ruminal *in situ* de: $y = a + b(1 - e^{-ct})$, a: fracción soluble, b: fracción insoluble pero potencialmente degradable, c: tasa de degradación en % por hora. TAD: toros alimentados con las distintas dietas.

Tabla 7. Parámetros de degradación ruminal de materia orgánica de Dietas que contiene harina de cáscara de cacao y harina de la fruta *Artocarpus altilis*

Toros alimentados con	Dietas incubadas	Parámetros de degradación ruminal			Degradación ruminal efectiva (<i>k</i> -values h ⁻¹)			Horas de degradación en el rumen					
		a	b	c	0,08 h ⁻¹	0,05 h ⁻¹	0,02 h ⁻¹	3	6	12	24	48	72
TAD1	D1	428,0a	274,5a	0,05a	527,1a	557,7a	616,7a	457,8a	499,0a	548,2a	606,5a	658,4a	695,5a
	D2	419,8a	390,6a	0,03a	516,0ab	548,0a	606,2ab	441,4a	471,8a	515,4a	565,2ab	609,7abc	662,1a
	D3	409,4a	292,9a	0,05a	514,8ab	545,3ab	604,8ab	439,7a	497,7a	542,2a	604,6a	657,9a	700,0a
TAD2	D1	400,9a	282,5a	0,06a	497,9ab	524,7ab	586,4ab	442,8a	482,6a	543,8a	603,1a	655,3ab	676,5a
	D2	412,8a	278,2a	0,05a	501,3ab	528,4ab	584,8ab	433,1a	469,3a	510,2a	556,3ab	600,4bc	653,9a
	D3	411,5a	308,0a	0,05a	486,3b	511,9b	573,1b	448,2a	478,0a	531,7a	595,9ab	633,4abc	677,9a
TAD3	D1	407,1a	293,7a	0,06a	520,1a	553,0a	615,0a	448,9a	476,9a	544,1a	603,4a	638,1abc	679,5a
	D2	407,8a	347,2a	0,05a	511,2ab	541,0ab	601,8ab	435,4a	463,2a	511,9a	542,0b	598,4c	645,8a
	D3	381,9a	333,8a	0,07a	503,1ab	535,0ab	596,0ab	428,2a	474,9a	529,4a	592,7ab	633,9abc	668,6a
SEM		13,72	43,56	0,010	8,46	9,30	9,72	6,80	7,8	11,22	12,40	12,20	12,40
Valor P		0,5502	0,6125	0,9379	0,2529	0,1813	0,2200	0,1090	0,0302	0,1060	0,0016	0,0016	0,0584
TAD		0,2082	0,5689	0,4758	0,5033	0,5546	0,4761	0,2936	0,0225	0,6991	0,4577	0,1789	0,1013
Dietas		0,4805	0,3109	0,6937	0,0367	0,0173	0,0249	0,0472	0,0146	0,0029	0,0001	0,0001	0,0073
TAD x Dietas		0,6995	0,5970	0,9620	0,7109	0,7385	0,7872	0,2956	0,8026	0,9941	0,9462	0,8847	0,9406
Contrasts													
	Dieta 1 x Dieta 2	0,0784	0,8770	0,2254	0,0203	0,0207	0,0156	0,1204	0,0078	0,4618	0,2144	0,0696	0,0421
	Dieta 1 x Dieta 3	0,3464	0,4066	0,5348	0,3342	0,3258	0,1574	0,3788	0,0503	0,4699	0,4926	0,2241	0,1117
	Dieta 2 x Dieta 3	0,4002	0,3258	0,5492	0,1597	0,1668	0,2874	0,4911	0,4433	0,9894	0,5733	0,5345	0,6406
	Dieta 1 x Dieta 2 x Dieta 3	0,1190	0,6956	0,2900	0,0571	0,0564	0,0273	0,1604	0,0081	0,4002	0,2659	0,0810	0,0374

^{a,b,c} Medias dentro de una columna seguida por la misma letra no son significativamente diferentes en $P=0.05$. D1: Dieta control, D2: Dieta con 15% de harina de cáscara de cacao D3: Dieta con 15% de harina de (*Artocarpus altilis*). SEM: error estándar de la media. A, B, and c parámetros de la ecuación que describen la degradación ruminal *in situ* de: $y = a + b(1 - e^{-ct})$, a: fracción soluble, b: fracción insoluble pero potencialmente degradable, c: tasa de degradación en % por hora. TAD: toros alimentados con las distintas dietas.

- **Amoniaco, Ácidos Grasos Volátiles y pH ruminal *in situ***

El pH ruminal y el nitrógeno amoniacal presenta diferencias estadísticas entre tratamientos en las distintas horas de muestreo, obteniendo el mayor ($P < 0.05$) pH y $N-NH_3$ los animales alimentados con las dietas D2 y D3 respectivamente. Con respecto, a los AGVs existe una significancia estadística alta entre las horas de producción de ácido acético y propiónico ($P < 0.05$) en los toros alimentados con D3, (0h; 44,7 - 43,2; 4 h; 45,1 - 42,9 respectivamente) observándose una similar significancia estadística con D2 (0h; 42,7) ácido propiónico. No obstante, la proporción del ácido butírico no muestra diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos a las distintas horas de muestreo. (Tabla 9).

Tabla 8. Fermentación ruminal a diferentes horas, antes (0 h) y después de la alimentación a terneros con dietas que contienen harina de cáscara y harina de fruta de árbol de pan (*Artocarpus altilis*)

	Toros alimentados con			SEM	Valor P	Contrastes			
	D1	D2	D3			D1 x D2	D1 x D3	D2 x D3	D1 x D2 x D3
pH									
0 h	6,1b	6,7a	6,2ab	0,13	0,0188	0,0078	0,5333	0,0281	0,0492
2 h	5,1b	5,4a	5,3a	0,06	0,0159	0,0080	0,0180	0,6932	0,0049
4 h	5,2b	5,4a	5,4a	0,07	0,0232	0,0106	0,0278	0,6378	0,0075
8 h	4,9b	5,1a	5,1a	0,06	0,0195	0,0117	0,0166	0,8647	0,0058
N-NH ₃ (mg/l)									
0 h	22,8b	24,1a	25,5a	0,23	0,0012	0,0005	0,0012	0,5643	0,0032
4 h	26,2b	29,3a	28,9a	0,17	0,0004	0,0021	0,0054	0,4325	0,0069
Rumen VFA (molar %)									
Ácido acético									
0 h	42,8b	43,1ab	44,7a	1,21	0,0001	0,0346	0,0053	0,0349	0,0380
4 h	42,6b	43,4ab	45,1a	1,54	0,0043	0,0402	0,0006	0,0271	0,0110
Ácido propiónico									
0 h	41,7b	42,7a	43,2a	2,01	0,0001	0,0043	0,0002	0,5641	0,0012
4 h	42,3ab	41,9b	42,9a	1,78	0,0001	0,0432	0,0268	0,0065	0,0040
Ácido butírico									
0 h	11,7a	11,4a	11,9a	1,88	0,6078	0,5432	0,6281	0,2310	0,1982
4 h	11,9a	11,8a	11,4a	1,50	0,4811	0,7643	0,5210	0,4212	0,3183

^{a,b,c} Medias dentro de una columna seguida por la misma letra no son significativamente diferentes en $P=0.05$. D1: Dieta control, D2: Dieta con 15% de harina de cáscara de cacao D3: Dieta con 15% de harina de (*Artocarpus altilis*). SEM: error estándar de la media.

El pH ruminal y el nitrógeno amoniacal presenta valores altos en D2 y D3 debido a los hidratos de carbono (H₂OC) que representan el componente más abundante en las dieta de los rumiantes. El tipo de H₂OC predominante en la dieta condiciona el desarrollo del tipo de flora adecuada para su fermentación y el ajuste del pH a su rango ideal, (Van Kessel et al., 1996).

En cuanto a la producción de ácidos grasos volátiles obtenemos mayor producción de ácido acético en las dieta D3 donde la presencia de ácidos aminados resulta benéfico para las bacterias celulolíticas, además de la formación de $N-NH_3$, otro de los factores que puede influenciar en los resultados obtenidos es el elevado contenido de azúcares los cuales fermentan muy rápidamente (50-100% por hora) y estimulan el desarrollo de protozoos ciliados que almacenan estos azúcares, e impiden que sean utilizados como fuente energética por otros microorganismos, lo que limita el desarrollo del resto de la flora; al limitarse la fermentación ruminal se mantiene un $pH > 6.0$, lo que dificulta el desarrollo de una flora amilolítica, y por tanto se reduce la producción de ácido propiónico y favorece la actividad de las bacterias celulolíticas. Otro compuesto de la dieta D3 que influye en la producción de AGVs es la presencia de taninos, los cuales incrementan la concentración total de AGVs a medida que aumenta el nivel de estos, reflejándose en una disminución del pH ruminal, (Volpi-Lagrecia et al., 2015).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

1.1. Conclusiones

Bajo las condiciones de este experimento se puede concluir que la incorporación de harina del fruto del árbol de pan en la dieta de toros de engorde mejora el pH ruminal, incrementa el nitrógeno amoniacal a valores óptimos para el desarrollo microbiano del rumen e incrementa el ácido propiónico y disminuye la producción de gas

Bibliografía

- Acosta, G. J. A., & Qui, J. (1977). Estudio químico analítico de los frutos del árbol del pan. *Actualidades Biológicas*, 6(19).
- Albornoz, A. (1980). Productos naturales: Estudio de las sustancias y drogas extraídas de la planta. Universidad Central de Venezuela.
- Arueya, G. 1991. Utilisation of cocoa pod husk in the production of washing powders. In: Abst. Int. Cocoa Conf.: Challenges in the 90s, Kuala Lumpur, Malaysia, 25-28 Sept. 1991.
- Austin, P. J., Suchar, C. Robbins, T. And Hagerman, A. 1989. Tannin - binding proteins in saliva of deer and their absence in saliva of sheep and cattle. *J. Chem. Ecol.*, 15:1335.
- Bailey, C. B., & Balch, C. C. (1961). Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. *British Journal of Nutrition*, 15(03), 383-402.
- Barros-Rodríguez, M. A., Solorio-Sánchez, F. J., Sandoval-Castro, C. A., Klieve, A., Rojas-Herrera, R. A., Briceño-Poot, E. G., & Ku-Vera, J. C. (2015). Rumen function in vivo and in vitro in sheep fed *Leucaena leucocephala*. *Tropical animal health and production*, 47(4), 757-764.
- Blakemore, W., Dewar, E. 1966. Polysaccharides of the cocoa pod husk. *J. Sci. Food Agr*, 17: 558-560.
- Blas, C., Mateos, G. G. & Rebollar, P.G. 2003. Alfalfa y mezcla. Ed. Fundación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal. FEDNA. Madrid, España. 423 pp.

- Bondi, A., 1998. *Animal Nutrition*. . Cornell University Press. Ithaca, NY.
- Borroto, A., Cruz, D., Perez, C., & Molina, A. (1989). Potencial alimentario de dos subproductos agrícolas de cítrico: Hierbas bajo corte mecanizado y podas para la producción de carne ovina. *Revista de Producción Animal*. CU. 1989, 5(2).
- Brenes, O. (1990). Posibilidades de la utilización de los subproductos del beneficio del cacao. In *Seminario Regional sobre Tecnología Poscosecha y Calidad Mejorada del Cacao 20-21 Jul 1989 Turrialba (Costa Rica)* (No. IICA ICCR-A1/SC 90-005). IICA, San José (Costa Rica). Red Regional de Generación y Transferencia de Tecnología en Cacao-PROCACAO.
- Brenes, O. (1990). Posibilidades de la utilización de los subproductos del beneficio del cacao. In *Seminario Regional sobre Tecnología Poscosecha y Calidad Mejorada del Cacao 20-21 Jul 1989 Turrialba (Costa Rica)* (No. IICA ICCR-A1/SC 90-005). IICA, San José (Costa Rica). Red Regional de Generación y Transferencia de Tecnología en Cacao-PROCACAO.
- Broudiscou, L.P., Y. Papon, and A. F. Broudiscou. 2000. Effects of dry plant extracts on Chamberlain, A. T. (1994). The gas production capacity of purified chemicals and feedstuffs when incubated in vitro with rumen microbes as a possible indicator of energy availability in the rumen. In *British Society of Animal Production. Jubilee Winter Meeting. Paper* (No. 91).
- Cheeke, P. R. And Palo, R. 1995. Plant toxins and mammalian herbivores: co-evolutionary relationships and antinutritional effects. En: M. Joumet, E. Grenet, M-H. Farce, M. Thériez C. Demarquilly Ed: *Recent developments in the Nutrition of Herbivores, Proceeding of the IV Th International Symposium on the Nutrition of Herbivores*. INRA. Paris Francia p.152.
- Church, D. Y pond, W. 1990. *FW1damentos de nutrición y alimentación de animales*. Editorial LIMUSA, México. 438 pp.
- Coralía, S., Ortiz, A., & Valdiviá, M. (2007). Producción sostenible de carne de ovinos a partir de la harina del fruto y la hoja del árbol del pan (*Artocarpus altilis*). *Pastos y Forrajes*, 30(3), 1-1.

- Coralia, S., Valdivié, M., & Ortiz, A. (2012). Utilización de harina de frutos y hojas del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) en la ceiba de conejos Nueva Zelanda Blanco. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 443-451.
- Crescente, O., Acosta, M., Guevara, M., & Estaba, A. (1999). Aprovechamiento de los desechos de cacao (*Theobroma cacao*).
- Deivanai, S., & Bhore, S. J. (2010). Breadfruit (*Artocarpus altilis* Fosb.) An underutilized and neglected fruit plant species. *Middle-East J Sci Res*, 6, 418-428.
- Dignan, C., Burlingame, B., Kumar, S., & Aalbersberg, W. (2004). The Pacific Islands food composition tables (No. Ed. 2). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Easter, P., & Ellis, J. (2007). Nutriment Requirements of Swire, Edit. *National Academy, Colombia*, 289-290.
- Enitez, A., 1980, Pastos y Forrajes, Quito-Ecuador, Editorial Universitaria, Pág. 137 a 140-171 y 172.
- Erdman, R. A., & Sharma, B. K. (1989). Effect of yeast culture and sodium bicarbonate on milk yield and composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72(7), 1929-1932.
- Fermentation and methanogenesis in continuous culture of rumen microbes. *Animal Feed*
- Flores, O., Ibrahim, M., Kass, D. & Andrade, H. 2005. El efecto de los taninos en especies leñosas forrajeras sobre la utilización de nitrógeno por bovinos. *Rev. Agroforestería en las Américas*. P.15.
- Garzaro, D., Cedezo, F. G., & Kalvatchev, Z. (1998). *Theobroma cacao* L.: Un nuevo enfoque para nutrición y salud. *Agroalimentaria*, 23.
- Golden, K. D., & Williams, O. J. (2001). Amino acid, fatty acid, and carbohydrate content of *Artocarpus altilis* (breadfruit). *Journal of chromatographic science*, 39(6), 243-250.
- Haro, Rubén, “Situación de la ganadería en el Ecuador y políticas de ejecución” DNA MAG.
- Hristov, A. N., Ropp, J. K., Grandeen, K. L., Abedi, S., Etter, R. P., Melgar, A., & Foley, A. E. (2005). Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. *Journal of Animal Science*, 83(2), 408-421.

- Jarrige, R., Janine, J. U. N. G., Le Gallo, C., & Billon, J. (1961). ANALYSE DES CONSTITUANTS GLUCIDIQUES DES PLANTES FOURRAGÈRES. 1— FRACTIONNEMENT DES CONSTITUANTS DE LA MEMBRANE PAR LES HYDROLYSES ACIDES. In *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique* (Vol. 1, No. 2, pp. 163-212). EDP Sciences.
- Jones, W. T., & Mangan, J. L. (1977). Complexes of the condensed tannins of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) With fraction one leaf protein and with submaxillary mucoprotein, and their reversal by polyethylene glycol and ph. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28(2), 126-136.
- Jung, H. G., & Allen, M. S. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of animal science*, 73(9), 2774-2790.
- Lee, M. R. F., Merry, R. J., Davies, D. R., Moorby, J. M., Humphreys, M. O., Theodorou, M. K. ... & Scollan, N. D. (2003). Effect of increasing availability of water-soluble carbohydrates on in vitro rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 104(1), 59-70.
- López-Herrera, M., wingching-Jones, R., & Rojas-Bourrillón, A. (2014). meta-análisis de los subproductos de piña (ananas comosus) para la alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 383-392.
- Martínez, M., Motta, W., Ferrer, E. B., Moya, J., & Frías, C. C. (2002). Valoración nutritiva de diversos subproductos para conejos. In XXVII Simposium de cunicultura: Reus, 29, 30 y 31 de mayo de 2002 (pp. 129-136). Asociación Española de Cunicultura (ASESCU).
- Moss, A. R., & Givens, D. I. (2002). The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 97(3), 127-143.
- Ortiz, A., Martí, O., Valdiviá, M., & Leyva, C. (2011). Utilización de la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) en Dietas para cerdos en ceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 145.
- Paladines, O., Junio, 1992, Metodología de pastizales para trabajar en fincas y Proyectos de Desarrollo Agropecuario, manual No. 1, PROFOGAN, Quito- Ecuador.

- Preston, T. R., & Murgueitio, E. (1992). Strategy for sustainable livestock production in the tropics. Strategy for sustainable livestock production in the tropics.
- Pulido, R., Wood, C. D., & Leaver, J. D. (1998). Estudio de la cinética de la fermentación in vitro y del residuo no fermentado del forraje disponible en la pradera y del aparentemente consumido por vacas lecheras. *Archivos de medicina veterinaria*, 30(2), 101-107.
- Ragone, D. (1997). Breadfruit. *Artocarpus altilis*, 17.
- RC. National Research Council. The Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh ed. Washington, DC, US: National Academy Press; 1996.
- Robbins, C. T., Mole, S., Hagerman, A. E., & Hanley, T. A. (1987). Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in dry matter digestion. *Ecology*, 1606-1615.
- Santini, F. J., Hardie, A. R., Jorgensen, N. A., & Finner, M. F. (1983). Proposed use of adjusted intake based on forage particle length for calculation of roughage indexes. *Journal of Dairy Science*, 66(4), 811-820.
- Science and Technology. 87: 263-277
- Sudweeks, E. M., Ely, L. O., Mertens, D. R., & Sisk, L. R. (1981). Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant Diets: roughage value index system. *Journal of Animal Science*, 53(5), 1406-1411.
- Titiloye, J. O., Bakar, M. S. A., & Odetoye, T. E. (2013). Thermochemical characterisation of agricultural wastes from West Africa. *Industrial Crops and Products*, 47, 199-203.
- Toxopeus, H., Wood, G. A. R., & Lass, R. A. (1985). Botany, types and populations. *Cocoa, Forth Edition*, 11-37.
- Trujillo, G. (2009). Guía para la utilización de recursos forrajeros tropicales en la alimentación de bovinos. *Unidad técnica Comité Ganaderos del Huila. Colombia*.
- Van Kessel, J. A. S., & Russell, J. B. (1996). The effect of pH on ruminal methanogenesis. *FEMS Microbiology Ecology*, 20(4), 205-210.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University Press.
- Vera, A., & Riera, L. (2004). Desarrollo de alternativas silvopastoriles para rehabilitar pastizales en la zona norte de la region amazonica ecuatoriana. Manual.

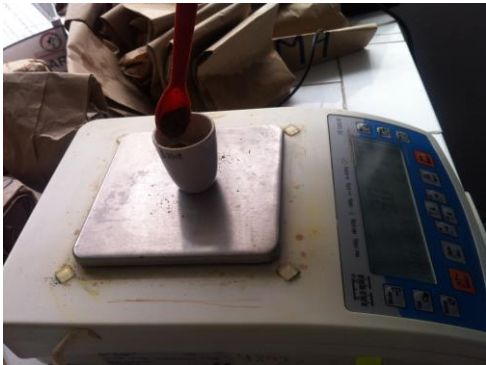
- Volpi-Lagreca, G., Alende, M., Pordomingo, A., Babinec, F., & Ceron, M. (2015). Engorde de bovinos a corral: Efectos de monensina y de dos niveles de taninos condensados de quebracho sobre el comportamiento productivo, la fermentación ruminal y la degradabilidad *in situ* de la materia seca y de la proteína. *Revista Argentina de Producción Animal*, 33(2), 65-77.
- Wood, G. A. R., & Lass, R. A. (1985). *Cocoa*. 4-th ed. Longman, Essex, England.
- Wood, G. A. R., & Lass, R. A. (2008). *Cocoa*. John Wiley & Sons.
- Zavaleta de Lucio, E. (1976). Los ácidos grasos volátiles, fuente de energía en los rumiantes. *Cienc Vet*, 1, 223-240.

1.2. Anexos

Anexo. 1. Composición química de las Dietas integrales a base de *Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao*. Composición química de la Dieta (kg/MS excepto donde indica lo contrario)

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
Palmiste	23,592	15,621	17,635
Afrecho	24,197	26,670	27,844
Frutipan (<i>Artocarpus altilis</i>)	0,000	0,000	14,983
Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	0,000	15,113	0,000
Alfalfa	13,443	11,684	7,094
Maiz	18,820	14,630	15,274
Melaza	9,410	8,255	7,955
Aceite de palma	8,200	5,715	6,908
Sal	1,170	1,156	1,154
V+m	1,170	1,156	1,154
Total	100	100	100
COMPOSICIÓN QUÍMICA			
PC %	12,6	12,4	13,3
MS %	88,5	91,7	88,6
MO %	92,7	92,7	92,4
FDN %	34,84	37,19	37,45
FDA %	16,26	19,27	16,45
CENIZAS %	7,2	7,3	7,5
MS: materia seca, PC: proteína cruda, MO: materia orgánica, FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, T1: tratamiento testigo, T2: Dieta cacao 15%, T3: Dieta frutipan 15%			

Anexo. 2. Degradación ruminal *in situ*



Anexos. 3. Digestibilidad aparente de la M.S *in vitro*



Anexo. 4. Producción de gas *in vitro*



Anexo. 5. Nitrógeno Amoniacal ($N-NH_3$) y Ácidos Grasos Volátiles (AGVs)



CAPÍTULO VII

PROPUESTA

1.1. Datos informativos

Tema: "Fermentación ruminal y estimación teórica del metano en toros alimentados con Dietas que contienen subproductos de la cosecha de cacao y frutos de *Artocarpus altilis*"

1.2. Antecedentes de la propuesta

En nuestro país existen diversos sistemas de producción ganadera: a campo abierto, sogueo y semiestabulado, en terrenos con escasa fertilidad, con pastos poco adaptados a las condiciones climáticas de las distintas regiones, los mismos que presentan un deterioro muy visible y progresivo con baja productividad de biomasa, lo cual tiene como consecuencia una disminución significativa de la producción animal (Vera, 2004).

En el país existen muchas especies de plantas que pueden contribuir al desarrollo de la producción ganadera, como el fruto del árbol del pan (*Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao*) aunque estos cultivos se ha distribuido ampliamente, se ha anotado a menudo como son infrautilizados por la falta de conocimiento sobre las propiedades que posee y que pueden aportar para mejorar las funciones del rumen (Haro, 2003). Recientemente esta especie arbórea se ha identificado como una fuente alternativa de carbohidratos, almidón, minerales, aminoácidos y vitaminas. Puede ser procesado en muchas formas que ofrezcan oportunidades potenciales en la agroindustria y agroexportación (Deivanai, 2010). En Cuba se han realizado numerosos estudios con hojas y harina de *Artocarpus altilis* (Coralía et al., 2012; Ortiz et al., 2011) demostrando resultados productivos similares a los de las Dietas convencionales, reduciendo el costo de la alimentación.

Los compuestos orgánicos que localizamos en la semilla del *Artocarpus altilis* son: metionina y lisina las cuales ayudan en la producción láctea, mientras que la leucina e isoleucina intervienen en la producción de AGV por medio de su degradación enzimática (Bondi et al., 1998).

El porcentaje de azúcares que se encuentra en la pulpa de *Theobroma cacao* favorece al desarrollo de bacterias glucolíticas y genera más propionato, precursor de la glucosa sanguínea, que a su vez proporciona energía para la síntesis de lactosa y proteína láctea, la glucosa al ser fuente energética ayuda al mantenimiento corporal y la ganancia de peso.

1.3. Justificación

Los sistemas de producción animal en Ecuador están representados principalmente por la ganadería bovina y se han caracterizado por generar proteína de origen animal (necesaria para suplir las necesidades de alimentación de la población humana).

El desarrollo de la producción bovina ha generado efectos negativos en los ecosistemas por la ganadería, las emisiones de gases efecto invernadero y el uso indiscriminado de agrotóxicos que afectan el aire, el suelo y el agua del sistema donde se practica. La ganadería contribuye a través de la emisión de metano y óxido nitroso asociada a la Dieta de los animales y al manejo del estiércol en sistemas intensivos.

Las nuevas tecnologías se orientan a reducir el impacto negativo en el ambiente, y evitar así la degradación de los recursos renovables, como el agua, el aire y el suelo.

El propósito de este trabajo es implementar Dietas a base subproductos de la cosecha de cacao y frutos de *Artocarpus altilis* para tratar de mejorar la producción, sin afectar la diversidad biológica y favoreciendo la reducción del calentamiento global por efecto de las actividades humanas que están generando el sucesivo cambio climático que viene afectando visiblemente el normal desarrollo de la actividad agropecuaria en el mundo.

La misión de la Universidad Técnica de Ambato es: satisfacer la demanda, científico - tecnológicas de la sociedad ecuatoriana en interacción dinámica con sus comunidades.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto del consumo del fruto del árbol de pan y subproductos del cacao sobre la fermentación ruminal y estimación teórica del metano.

1.4.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto del fruto del árbol de pan y subproductos del cacao sobre el patrón de fermentación.

- Determinar la digestibilidad *in vitro* así como la producción de gas *in vitro* de Dietas a base de fruto del árbol de pan y subproductos del cacao.

1.5. Análisis de factibilidad

Este proyecto es totalmente factible en lo económico, en lo social y ambiental, al pretender aprovechar los recursos provenientes de las propias fincas, disminuyendo los gases de efecto invernadero que producen, y reduciendo los costos de producción de los productores ganaderos.

1.6. Fundamentación

La manipulación de la Dieta de los rumiantes se considera una alternativa viable para aminorar la producción de metano y a la par disminuir las pérdidas energéticas en el animal. Esta alternativa toma mayor fuerza en las condiciones de trópico, donde la mayoría de los sistemas de producción ganadera tienen bajos rendimientos debido a las Dietas de baja calidad. Los reportes en la literatura señalan que los sustratos de baja calidad que, generalmente están relacionados con bajo consumo debido a su baja tasa de pasaje, no sólo tienen efecto sobre bajos rendimientos por animal, sino que también involucran aspectos tan importantes como lo es el incremento de las emisiones de metano.

El mejoramiento de las características nutricionales del forraje y la implementación de sistemas estratégicos de suplementación, como la presencia de otros estratos vegetales en el ecosistema pasturas, tipo sistemas silvopastoriles, o el aprovechamiento de subproductos agrícolas pueden mejorar las características fermentativas a nivel ruminal, reflejándose en mayor productividad y generalmente en una disminución en las emisiones de metano.

1.7. Metodología, modelo operativo

- Inclusión de *Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao* al balanceado.
- Evaluación de consumo diario de Materia seca.
- Evaluación de consumo diario de Materia orgánica.
- Determinación de la digestibilidad, fermentación y producción de gas.

1.8. Administración

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

1.9. 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.