

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA



**FERMENTACIÓN RUMINAL *in vitro* Y CINÉTICA DE
DEGRADACIÓN RUMINAL *in situ* DE DIETAS A BASE DE
FRUTA DE PAN (*Artocarpus altilis*).**

Trabajo de investigación previo a la obtención del grado académico de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor

Jonathan Oliveiros Silva Ruilova.

Tutor

Marcos Barros Rodríguez Ph.D.

Ambato – Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“El suscrito, **Jonathan Oliveiros Silva Ruilova**, portador de cedula identidad número: **0603211194**, libre y voluntariamente declaro que el trabajo de investigación titulado: **“FERMENTACIÓN RUMINAL *in vitro* Y CINÉTICA DE DEGRADACIÓN RUMINAL *in situ* DE DIETAS A BASE DE FRUTA DE PAN (*Artocarpus altilis*)”** 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”

.....
Jonathan Oliveiros Silva Ruilova.
C.I. 0603211194

DERECHO DE AUTOR

“Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **“FERMENTACIÓN RUMINAL *in vitro* Y CINÉTICA DE DEGRADACIÓN RUMINAL *in situ* DE DIETAS A BASE DE FRUTA DE PAN (*Artocarpus altilis*)”**. 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”

.....
Jonathan Oliveiros Silva Ruilova.
C.I. 0603211194

APROBACIÓN

“FERMENTACIÓN RUMINAL in vitro Y CINÉTICA DE DEGRADACIÓN RUMINAL in situ DE DIETAS A BASE DE FRUTA DE PAN (Artocarpus altilis)”.

REVISADO POR:

Ing. Marcos Barros Rodríguez Ph. D.
TUTOR

Ing. Giovanni Velastegui Mg.
BIOMETRISTA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

Ing. Hernán Zurita Mg.
PRESIDENTE

Fecha

Ing. Giovanni Velastegui Mg.
MIEMBRO DE TRIBUNAL

Fecha

Ing. Patricio Núñez Mg
MIEMBRO DE TRIBUNAL

Fecha

ÍNDICE

SUMMARY	xi
CAPÍTULO I.	1
INTRODUCCIÓN.	1
CAPITULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes investigativos.	3
2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL.	4
2.2.1. Producción Bovina en el Ecuador.	4
2.2.2. Gases de Efecto Invernadero.	5
2.2.3. La Ganadería y su Responsabilidad con las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.	6
2.2.4. Efecto de la Alimentación Sobre los Gases de Efecto Invernadero.	6
2.2.5. Digestión ruminal.	7
2.2.6. La Digestibilidad.	8
2.2.7. Fermentación ruminal.	9
2.2.8. Efectos de los Compuestos Secundarios en la Alimentación de Rumiante.	9
2.2.9. Efectos de la Dieta en la Digestión Ruminal.	11
2.2.10. Estrategias para Reducir los Gases de Efecto Invernadero.	11
2.2.11. Uso de frutas y pulpa fresca y otros vegetales en la Alimentación de Rumiantes.	12
2.2.12. La Fruta de pan (Artocarpus altilis).	12
2.2.13. Taxonomía y Morfología.	13
2.2.14. Características Botánicas.	13
2.15. Condiciones de Crecimiento.	15
2.16. Composición Nutricional.	16
CAPITULO III	17
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	17
3.1. HIPÓTESIS.	17
3.2. OBJETIVOS	17
3.2.1. Objetivo General.	17
3.2.2. Objetivo específico.	17
CAPÍTULO IV	18

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	18
4.1. Ubicación del Ensayo	18
4.2. Caracterización del Lugar	18
4.3. Equipos y Materiales.....	19
4.3.1. Materiales.....	19
4.3.2. Equipos	19
4.4. Factores en Estudio	20
4.5. Manejo de la Investigación	20
4.5.1. Animales, alimentación y tratamientos	20
4.5.1.1. Animales	20
4.6. Diseño Experimental.....	21
4.8. Procesamiento de la Información.....	22
4.9. Análisis Químicos.....	22
CAPÍTULO V	23
RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	23
5.1. Resultados.....	23
5.2. Discusión.....	28
CAPÍTULO VI.....	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
6.1. Conclusiones.....	30
6.2. Recomendaciones.	30
CAPÍTULO VII	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
REFERENCIAS.....	31
CAPITULO VIII.....	40
PROPUESTA.....	40
8.1. DATOS INFORMATIVOS	40
8.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	40
8.3. JUSTIFICACIÓN	41
8.4. OBJETIVOS	41
8.4.1. Objetivo general.....	41
8.4.2. Objetivos específicos	41

8.5.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	42
8.6.	FUNDAMENTACIÓN.....	42
8.7.	METODOLOGÍA.....	42
8.8.	ADMINISTRACIÓN.....	43
8.9.	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	43
	ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Taxonomía y Morfología de la fruta de pan	13
Tabla 2	Composición nutricional de la fruta de pan.....	16
Tabla 3	Composición de las muestras integrales	21
Tabla 4	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca y materia orgánica (MS y MO)	23
Tabla 5.	Degradación ruminal <i>in situ</i> de la materia seca (g/kg MS) y materia orgánica (g/kg MO)	24
Tabla 6.	Degradación de la fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente acida (FDA).....	25
Tabla 7.	Cuadro de producción de gas <i>in vito</i>	27

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1	Degradación ruminal <i>in situ</i>	44
Anexo 2	Digestibilidad aparente de la M.S <i>in vitro</i>	45
Anexo 3	Producción de gas <i>in vitro</i>	46

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue Evaluar el efecto de dietas a base de fruta de pan (*Artocarpus altilis*) sobre la fermentación ruminal *in vitro* y cinética de degradación ruminal *in situ* en bovinos. Sobre la digestibilidad aparente de la materia seca (DIVMS, DIVMO), cinética de la degradación de la materia seca (DMS, DMO, DFDN, DFDA) y producción de gas *in vitro* (PGIV), se utilizaron 6 toros canulados de aproximadamente 2 años de edad y 350 Kg de peso vivo distribuidos en un diseño completamente al azar, sometidos a 3 tratamientos y 6 repeticiones. Para los tratamientos se utilizó T1: 100% alfalfa, T2: 80% alfalfa +20% fruta de pan y T3: 60% alfalfa + 40% fruta de pan. La DIVMS y DIVMO fue mayor $P= (0.0006)$ para T3 (504.5; 517.4 g/Kg respectivamente). La DMS y DMO la fracción soluble (A), la fracción insoluble (B) y (c) tasa de degradación en porcentaje por hora, no presentaron diferencias entre tratamientos, mientras que para DMS, K (0.05 h^{-1} y 0.08 h^{-1}) degradación efectiva presenta diferencias $P= (0.0001, 0.0005)$ respectivamente) entre tratamientos siendo los de mayores porcentajes T3 (59.6, 56.4) y T2 (57.8, 55.3) respectivamente. En cuanto a la degradación efectiva DMO, K (0.02 h^{-1} y 0.05 h^{-1}) presentan diferencia $P= (0.0001)$ entre tratamientos, obteniendo los mayores resultados T3 (62.4 y 57.5 respectivamente), el valor de K (0.08 h^{-1}) fue mayor en T3 y t2 (54.1 y 52.4) presentando diferencia $P= (0.0001)$ con respecto a T1. Para la DFDN se observa (A) no presenta diferencia $P= (0.3085)$ entre tratamientos. Mientras que para (B) y (c) muestran diferencias $P= (0.0215$ y $0.0320)$ respectivamente, siendo los de mayor valor T3 (37.0 y 0.092 respectivamente). Con respecto K (0.02 h^{-1} , 0.05 h^{-1} y 0.08 h^{-1}) presentan diferencias $P= (0.0001)$ entre tratamientos obteniendo los mayores resultados T3 (44.2, 37.8 y 33.7) respectivamente. Con respecto DFDA los parámetros en estudio: (A), (c) no presentan diferencia, mientras que para (B) el mayor valor lo obtuvo T3 (32.8) presentando diferencia para $P= (0.0104)$ con respecto a T1. La DFDA K (0.02 h^{-1}) presento sus valores más altos en T2 y T3 (29.2 y 28.5) observándose diferencia en $P= (0.0005)$ en relación T1, mientras que en K (0.05 h^{-1} y 0.08 h^{-1}) no presento diferencia $P= (0.1602$ y $0.2303)$ respectivamente) entre tratamientos. Se concluye que (*Artocarpus altilis*) podría ser aprovechada en dietas para bovinos hasta un 40%

Palabras claves: digestibilidad aparente, fermentación ruminal, *in situ*, *in vitro*, producción de gas

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the effect of diets based on breadfruit (*Artocarpus altilis*) on ruminal fermentation *in vitro* and kinetics of *in situ* ruminal degradation in cattle. On the apparent dry matter digestibility (DIVMS, DIVMO), dry matter degradation kinetics (DMS, DMO, DFDN, DFDA) and *in vitro* gas production (PGIV), 6 cannulated bulls of approximately 2 years Of age and 350 kg of live weight distributed in a completely randomized design, subjected to 3 treatments and 6 repetitions. For the treatments T1: 100% alfalfa, T2: 80% alfalfa + 20% breadfruit and T3: 60% alfalfa + 40% breadfruit. The IVDMD and DIVMO was higher $P = (0.0006)$ for T3 (504.5; 517.4 g / kg respectively). The DMS and DMO fraction the soluble fraction (A), the insoluble fraction (B) and (c) degradation rate in percent per hour, did not show differences between treatments, whereas for DMS, K (0.05 h⁻¹ and 0.08 H⁻¹) effective degradation presents differences $P = (0.0001, 0.0005)$ respectively) between treatments, with the highest percentages being T3 (59.6, 56.4) and T2 (57.8, 55.3) respectively. As for the effective degradation DMO, K (0.02 h⁻¹ and 0.05 h⁻¹) presented difference $P = (0.0001)$ between treatments, obtaining the highest T3 results (62.4 and 57.5 respectively), K value (0.08 h⁻¹) was higher in T3 and t2 (54.1 and 52.4) presenting difference $P = (0.0001)$ with respect to T1. For the DFDN, (A) does not present difference $P = (0.3085)$ between treatments. While for (B) and (c) they show differences $P = (0.0215$ and $0.0320)$ respectively, being those with higher value T3 (37.0 and 0.092 respectively). With respect to K (0.02 h⁻¹, 0.05 h⁻¹ and 0.08 h⁻¹), there were $P = (0.0001)$ differences between treatments obtaining the highest T3 results (44.2, 37.8 and 33.7), respectively. Regarding DFDA, the parameters under study: (A), (c) did not present any difference, while for (B) the highest value was obtained T3 (32.8), presenting difference for $P = (0.0104)$ with respect to T1. The DFDA K (0.02 h⁻¹) presented its highest values in T2 and T3 (29.2 and 28.5), with a difference in $P = (0.0005)$ in relation to T1, while in K (0.05 h⁻¹ and 0.08 h⁻¹) Did not show difference $P = (0.1602$ and $0.2303)$ respectively) between treatments. It was concluded that (*Artocarpus altilis*) could be used in diets for cattle up to 40%.

Keywords: apparent digestibility, ruminal fermentation, *in situ*, *in vitro*, gas production

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN.

En la producción ganadera desde el punto de vista económico, se considera la alimentación como el elemento más importante, constituye hasta el 70% de los gastos de producción (Makkar, *et al* 2014). En las zonas tropicales y subtropicales, la utilización de dietas a base de pastos y gramíneas es el abastecimiento adecuado de nutrientes, en especial para rumiantes con adecuado potencial productivo (Jayanegara y Sofyan 2009). Sin embargo, el uso de balanceados como alimentos convencionales es casi inasequible para los pequeños y medianos productores. La ganadería es una fundamental actividad del hombre para cubrir las necesidades alimentaria, lo que produce un aumento significativo en la producción agrícola y ganadera a gran escala alrededor del mundo; lo que implica el uso de métodos no amigables con el ambiente, es decir, estas técnicas de producción han influenciado directamente en el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico a la atmósfera y así provocando un incremento en la temperatura de la superficie del planeta de 1 a 6°C (IPCC, 2007). El metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) son los gases más considerables que se producen en estos procesos. Se estima que aproximadamente 1.3 giga toneladas de GEI, es decir el 18% de las emisiones globales, son provocadas por los países de América Latina y el Caribe anualmente por actividades agropecuarias, ganadería, agricultura, deforestación (Armando, Cardenas y Flores, 2012).

La producción de (CH₄) proveniente de rumiantes es una consecuencia inevitable de la fermentación ruminal representa el 16% del total mundial de GEI. Esta no solo constituye un problema ecológico, ya que este gas se considera el segundo de mayor trascendencia en el efecto invernadero, sino que también representa una pérdida (7-12 %)de la energía bruta del alimento que, como consecuencia, disminuye la productividad (Soliva *et al.* 2003; Scheehle y Kruger, 2006; Steinfeld *et al.* 2006).

Por ello, las plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas que crecen de forma natural y que pueden utilizarse favorablemente son cada vez más comunes como suplemento en los sistemas de alimentación de los rumiantes en las zonas tropicales y subtropicales (Melesse, 2012). Las plantas arbóreas se distinguen por su alto

contenido de proteínas, su contribución en carbohidratos de fácil fermentación y de fibra de mejor degradabilidad, así como por su efecto positivo en la utilización del nitrógeno (N) en el rumen, elementos que permiten incrementar la productividad de los animales alimentados con pastos (Rubanza, *et al.* 2007; Rodríguez, *et al.* 2014). En los últimos años existe un interés creciente por introducir en los sistemas ganaderos otras especies arbóreas multipropósito, entre las que destaca la Fruta de pan (*Artocarpus altilis*), la cual, podrían contribuir a la reducción de las emisiones de GEI de origen digestivo, las deforestaciones y las erosiones del suelo (DeRamus *et al.*, 2003). Con estas consideraciones el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la incorporación de fruta de pan (*Artocarpus altilis*) en dietas para rumiantes sobre los parámetros de fermentación ruminal in vitro y la cinética de degradación in situ de los nutrientes.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos.

La FAO señala que las actividades pecuarias producen alrededor de 7.1 Gt (gigatoneladas) de dióxido de carbono al año, 14.5% de las emanaciones de gases de efecto invernadero (GEI) provocadas por la actividad humana, por la cual se estima que a nivel mundial los rumiantes elaborarán 80 MMt de metano por año, lo que representa el 28% de las emanaciones antropogénicas (Beauchemin *et al.*, 2008). Durante la última década se ha puesto especial atención en las raciones alimenticias de los rumiantes, formulando estrategias para mitigar los gases de efecto invernadero por los rumiantes (Barros-Rodríguez *et al.*, 2014).

Una importante incorporación entre agricultura y ganadería utiliza y fomentan la complementariedad entre las tareas que impactan directamente sobre la eficiencia agroecológica y la producción. Los rumiantes por su habilidad para transformar el pasto, los desperdicios de alimento y las plantaciones con alto contenido de celulosa en alimentos útiles (FAO, 2015). Al impulsar la incorporación de procedimientos mixtos e integrados entre la agricultura y la ganadería, mejorando su contenido nutritivo, reduciendo la dependencia de los cambios e inestabilidad de los mercados y de mayor sostenibilidad como fuentes de empleo e ingresos para los agricultores, precisa un mayor entendimiento que para los sistemas tradicionales de monocultivos (CEPAL, FAO e IICA, 2014).

Artocarpus altilis, o árbol del pan, la especie más conocida. Esta especie, junto con el árbol de Jack (*Artocarpus heterophyllus*) son las más cultivadas del género por todo el mundo (Hsu *et al.*, 2011). El fruto del árbol del pan (*Artocarpus communis*) es el producto tropical que se obtiene del árbol del pan, es un recurso natural valioso debido a su elevado contenido en nutrientes (84,2% de carbohidratos, proteínas de 4,1%, fibra de 3,5% y 2,9% de minerales en peso seco) y comestible (Lin *et al.*, 2009; Tirado *et al.*, 2015).

La fruta de pan es muy abundante en Ecuador en sus climas cálidos y húmedos, se los encuentra en huertos caseros de la Amazonía y Costa, da frutos durante largos períodos del año, el cual no se ve explotado. La utilización de los frutos en la alimentación humana y animal requiere en el presente un importante papel en virtud de asegurar una mayor producción de alimentos con bajos costos, si se tiene en cuenta que más del 70% de la producción de frutas de este árbol se pierde por baja demanda y escaso conocimiento de su uso. Utilizar especies promisorias permite no solo suplir las necesidades alimentarias de los rumiantes, sino también constituirse en una fuente de comercialización mejorando la economía de las personas y aún de las comunidades. (Parrotta 1994; Moreno *et al.*, 2003).

2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL.

2.2.1. Producción Bovina en el Ecuador.

La producción ganadera en el Ecuador representa el 8 % PIB siendo la quinta actividad productiva dentro del país (FAO, 2005). Existen 2 millones de Ha de potreros correspondientes al total nacional de 46% (Rizzo, 1999). A lo largo del corredor interandino predomina el sistema intensivo en la explotación de carnes; mientras que la explotación de la ganadería lechera se desarrolla en forma intensiva semi-intensiva, especialmente en las zonas tropicales y subtropicales Según el III Censo Agropecuario (SICA, 2002).

Se considera que en Ecuador existen miles de hectáreas de terrenos que se encuentran en algunos casos abandonados mientras que, en otros mal aprovechados, en este caso la ganadería - bovinos conseguiría remediar muchos de estos problemas. El total de reses 5'358.904; distribuidas en la región Sierra 2'732.351 cabezas, para la producción de leche; 1'965.592 en la Costa, para la producción de carne, y 660.961 la Amazonía, para la producción de leche y carne. Del total de las reses del país, 1.13 millones de vacas se destinaron para el ordeño. (Ecuador en cifras 2013).

Familias ecuatorianas subsisten de la producción bovina en el país, en especial los pequeños agricultores, del cual obtienen ciertos ingresos, para su alimentación, la educación de sus hijos. Los beneficios pueden ser acrecentados mejorando los

sistemas de producción que comprende nutrición, manejo, sanidad y genética, por consiguiente, mejorar el nivel de vida de los agricultores (Cruz, *et al* 1996).

Los bovinos con el mal manejo puede causar problemas de erosión, destrucción de plantas nativas, pero es el hombre el causante directo de la destrucción de la naturaleza ya que no aplica las técnicas apropiadas de explotación de la tierra, por el contrario fertiliza los campos con productos químicos que con el tiempo matan el suelo, si tan solo se pensara el fertilizar el suelo con abono natural de cualquier tipo de ganado, no solo que no daña la tierra sino que también le ayuda a mantenerse sana y buena. Se manifiesta que el abono mayormente ocupado en el desarrollo agrícola por el gran número de animales es de los bovinos (Molina, *et al* 2011).

2.2.2. Gases de Efecto Invernadero.

La agricultura y la ganadería aportan ampliamente en las emisiones antropogénicas del GEI, dentro de las cuales se destaca el metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. El calentamiento de la superficie terrestre y pérdida de la capa de ozono de la atmósfera es ocasionado por el aumento de las acumulaciones de estas emanaciones (Primavesi, *et al* 2004; Bonilla y Lemus 2012). Es de gran consideración analizar normativas y solventar técnicas que colaboren a identificar y disminuir los efectos de la producción pecuaria, en exclusivo la ganadería, en el cambio climático (Lal *et al.*, 2012).

Las emisiones de (CH₄) por el ganado bovino, aproximadamente están calculadas en 58 MMt/año, lo que corresponde al 73% del total de emisiones (80 millones) equivalente a las especies domésticas (Kurihara *et al*, 1999; Johnson y Johnson 1995). Entre los principales animales domésticos responsable de la producción aproximada del 15% de (CH₄) global, se encuentra el ganado bovino. Entre otros contribuyentes representativos tenemos, el (10%) de combustión de biomasa, el (14%) de pérdidas por combustión de hidrocarburos, (20%) de cultivos de arroz, y el (21%) de los pantanos naturales (McCaughey *et al.* 1997; Moss *et al.* 2000).

Entre la variedad de gases a los que se les denomina de efecto invernadero (GEI), se tiene en cuenta al CO₂ el de mayor proporción y el que hoy en día tiene una importante contribución al aumento del calentamiento global. Actualmente las

concentraciones de CH₄ son menores a las de CO₂, a pesar que el CH₄, está aumentando vertiginosamente y también tiene un impacto (21 – 30) con una alteración de mayor grado de contaminación con respecto al CO₂ tomando en cuenta que con el lapso de los años el metano pudiera ser dominante (Sánchez y Itzel, 2012).

2.2.3. La Ganadería y su Responsabilidad con las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

La ganadería de forma natural en su proceso digestivo produce metano, lo que acarrea a la merma de energía y favorece a las emanaciones de GEI, de las cuales se han realizado investigaciones con el fin de mitigar la metanogénesis del rumen, este procesamiento se produce por diversas causas, en donde la ingesta del alimento, composición y digestibilidad de la dieta y procesamiento previo del alimento son los que sobresalen. Se ha sugerido la manipulación alimenticia–nutricional como método para disminuir las emisiones de gases por su capacidad, simplicidad y probabilidad. Existen varios procedimientos para cuantificar y estimar las emisiones de metano, lo que contribuirá a desarrollar procedimientos para disminuir dichas emisiones (Bonilla y Lemus, 2012).

2.2.4. Efecto de la Alimentación Sobre los Gases de Efecto Invernadero.

Las dietas juegan un papel fundamental en las producciones de (CH₄) a nivel global, se reportan informaciones de reducción de la emanación de (CH₄) y un incremento en la eficiencia energética. Debido a que ciertos países tienen una mejor alimentación para su ganado (Kinsman et al., 1995), ratifica lo mencionado anteriormente, que las emisiones son de 35 kg (CH₄)/ año por animal en los países desarrollados, mientras que para los países en vía de desarrollo, su emisiones son de 55 kg CH₄/año por animal.

Diversas investigaciones indican que las tácticas de nutrición que suministran N para fermentación, también restablece el funcionamiento productivo de los animales, coadyuvan a reducir las emisiones de metano por unidad de carne o de leche obtenida en zonas tropicales (Monsalve, *et al* 2003). Mientras que se observó que en

estado, de un pobre rendimiento de los rumiantes como efecto de la baja digestibilidad y falta de nutrientes esenciales - por ejemplo proteína cruda - en los forrajes, es viable mejorar las condiciones, reformando la fermentación ruminal a través de la manipulación de la dieta (uso de leguminosas), o influyendo por medio de sistemas selectivos la población de microorganismos del rumen, asimismo aumenta, el cambio nutritivo y el rendimiento animal, mermando la dispersión de metano y de otras carencias nutritivas (Leng, *et al* 1997).

2.2.5. Digestión ruminal.

La digestión de los alimentos ingeridos por el ganado es el efecto de una serie de fases que se producen en las distintas secciones del conducto gastrointestinal. Estos procesos incorporan: una fermentación de los componentes de la dieta por microorganismos en el retículo - rumen, una hidrólisis ácida y degradación enzimática en el abomaso e intestino, y una siguiente fermentación en el ciego y en el intestino grueso (Merchen, *et al*, 1997). El sitio principal de digestión es el rumen, donde el alimento es retenido por periodos de tiempo sustanciales y sometido a una extensa fermentación microbiana bajo condiciones anaeróbicas (Beever y Mould, 2000). De este modo, la táctica alimenticia de los rumiantes se respalda por la simbiosis constituida entre los microorganismos ruminales y el huésped (McDonald, *et al* 2006). Es una habilidad gástrica para producir energía de alimentos fibrosos, es más eficiente que en la mayoría de los herbívoros (Van Soest, *et al* 1994). Diferentes atributos del retículo-rumen suministra un medio de cultivo constante para la microbiota. Entre esta tenemos la habilidad de conservar un pH adecuado en el rumen que oscila entre 6,2 y 7,0 (Calsamiglia, *et al* 2002; Kamra, *et al* 2005). Otra particularidad del ambiente ruminal es conservar una temperatura constante entre 38 y 42°C, requerido por el metabolismo corporal y al calor producido por la adecuada fermentación ruminal. Otra de las características fundamentales es la humedad del retículo - rumen debido a la abundancia de agua disponible procedente del agua de bebida, salivación y alimentación. A su vez, se conserva en un medio sin oxígeno (anaerobio) como resultado del ágil consumo de oxígeno que ingresa al rumen (McDonald, *et al* 2006). De este modo, el tipo y el grado de modificación de los

alimentos en el rumen establecen el rendimiento productivo de los rumiantes (Mackie, *et al* 1990).

2.2.6. La Digestibilidad.

La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales (Giraldo, *et al*, 2006). Se define la digestibilidad de un alimento con más exactitud como la proporción del alimento que no excreta con las heces y que, por lo tanto, ha sido absorbida. La digestibilidad de los forrajes y pajas por parte del animal depende de su contenido de fibra bruta, que aumenta paralelamente al desarrollo de la planta por contener los tallos de las especies gramíneas de prado, y ciertas leguminosas como la alfalfa en particular, una mayor impregnación de lignina y cutina, haciéndolos menos digestibles (McDonald, *et al* 1969).

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido dentro del aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino. Mientras que, la degradabilidad hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos. A diferencia de la degradabilidad, la digestibilidad de los forrajes permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento, que tienen potencial de ser absorbidos por el tracto digestivo (Giraldo *et al.*, 2006).

La energía es limitante en todo sistema de alimentación, de allí la importancia de su valoración en los alimentos (Torres, *et al* 2009). El valor energético se establece mediante: ensayos de digestibilidad directa (Sosa, *et al* 2006) o de forma indirecta estimando digestibilidades con técnicas *in situ* e *in vitro*, o empleando enzimas celulolíticas (Arce, *et al* 2003)

2.2.7. Fermentación ruminal.

El rumen es el sitio donde se lleva a cabo la fermentación del alimento que es ingerido por el animal. Cabe señalar que el rumen no es un órgano glandular por lo que no secreta enzimas digestivas, de manera que la actividad digestiva depende de las enzimas producidas por las bacterias, protozoarios y hongos ruminales (Arelovich, *et al* 2008). La importancia de dichos microorganismos ruminales se puede argumentar en el hecho de que cada 15 kg de materia seca consumidos por el animal, 10 kg son degradados y fermentados por los microorganismos ruminales (Arelovich, *et al* 2008).

En los rumiantes, la presencia de bacterias, protozoarios y hongos le permite cubrir hasta el 100% de sus requerimientos energéticos a partir de carbohidratos estructurales como celulosa y hemicelulosa, al mismo tiempo que le permite utilizar fuentes de nitrógeno no proteínico (urea, amoníaco) para cubrir una parte de sus necesidades de proteína, además, lo hace independiente de una suplementación de vitaminas hidrosolubles para cubrir sus requerimientos (Arelovich, *et al* 2008).

2.2.8. Efectos de los Compuestos Secundarios en la Alimentación de Rumiante.

Numerosas investigaciones demuestran el efecto del consumo de dietas altas en taninos sobre los animales rumiantes, reportaron que la ingestión de taninos inhibió el crecimiento de los microorganismos proteolíticos del rumen (Min, *et al* 2005), de igual manera (Chanthakhoun, *et al* 2011) encontró que la ingestión de los taninos condensados (TC) disminuye tanto la digestibilidad de la proteína y FDN como los patrones de fermentación del rumen. Los TC de las plantas reducen la metanogénesis ruminal mediante la disminución de la formación de hidrógeno e inhibiendo a los metanogénicos (Ortiz, *et al* 2014).

La ingestión de altas cantidades de forrajes ricos en taninos condensados reduce la degradación de la proteína del forraje, debido a la unión reversible a las proteínas ya que reduce las poblaciones de bacterias proteolíticas del rumen (Min *et al* 2003). Los taninos se consideran generalmente como inhibidores del crecimiento de

microorganismos, pero los mecanismos involucrados son poco conocidos (McSweeney *et al.* 2001).

(Martínez, *et al* 2004) reportaron que la ingestión de taninos condensados afectó la fermentación microbiana como lo demuestran por una disminución en la producción de gas (CH₄) y de (NH₃), y por una menor digestión de la materia seca. No obstante, la biomasa microbiana durante la incubación *in vitro* no se vio afectada por el tratamiento con taninos. En este sentido (Hess, *et al* 2006) menciona que la inclusión de leguminosas arbustivas con altos niveles de taninos como suplemento de gramíneas con bajo nivel de proteína no aportó proteína degradable y disminuyó la digestibilidad de la materia seca.

En adición a esto (Galindo, *et al* 2009) encontró una mayor cantidad de bacterias viables totales y proteolíticas al igual que una mayor concentración de AGVs en animales que consumieron mezclas múltiples de leguminosas herbáceas sin taninos con respecto a los que consumieron leucaena. Estos autores hacen mención sobre la proteína de la leucaena que es relativamente menos degradada en el rumen debido a la presencia de taninos condensados totales (1.80-4% de la MS).

Los taninos al ser ingeridos en pequeñas concentraciones pueden ser usados como un agente antihelmíntico natural contra los nematodos gastrointestinales en los rumiantes (Torres-Acosta, *et al* 2008; Alonso, *et al* 2010). Otras investigaciones realizadas con leguminosas forrajeras han confirmado que los taninos condensados podrían ayudar a evitar el timpanismo ya que ayudan a reducir la producción de gas al reducir la fermentación ruminal (Monforte-Briceño, *et al* 2005). Los taninos condensados pueden ocasionar una mayor producción animal. Al consumirse en cantidades moderadas los efectos son generalmente positivos y no reducen el consumo voluntario. Al unirse y formar complejos con proteína de la dieta, evitan su degradación en el rumen, aumentando la cantidad de proteína de sobrepaso hacia las partes bajas del tracto gastrointestinal (abomaso) y la cantidad de amino ácidos esenciales que son absorbidos lo que se traduce en mayor respuesta animal (Waghorn, *et al* 1987).

2.2.9. Efectos de la Dieta en la Digestión Ruminal.

Las diferencias son máximas entre dietas forrajeras y dietas ricas en concentrado. Las dietas forrajeras favorecen el establecimiento de una flora fibrolítica, donde predominan bacterias del genero *Butyrivibrio spp.* Mientras que, en dietas concentradas con bajos niveles de fibra, la concentración bacteriana es mayor, con poblaciones amilolíticas donde predominan bacterias del tipo selenomonas, peptostreptococci y lactobacilli (McAllister, *et al* 1993). Estas dietas suelen tener altas velocidades de digestión y de producción de ácidos, por lo que, el medio se acidifica y se reducen las poblaciones celulolíticas y metanogénicas que son más sensibles al pH ácido (Van Soest, *et al* 1982).

Ante un cambio de dieta, la población microbiana tiene que adaptarse hacia un nuevo equilibrio. El mayor riesgo se produce al introducir grandes cantidades de concentrado en animales que reciben una dieta forrajera, por su efecto sobre las bacterias que producen y utilizan lactato. En un primer momento, por efecto de un descenso en el pH, desaparecen las bacterias utilizadoras de lactato y las amilolíticas son sustituidas por otras bacterias productoras de lactato, llevando a un descenso de pH más grave, y una acidosis láctica. Pero al adaptarse, las poblaciones formadoras de lactato y las utilizadoras se equilibran y prácticamente no se detecta ácido láctico en el contenido ruminal (Dehority y Orpin, 1988).

2.2.10. Estrategias para Reducir los Gases de Efecto Invernadero.

Se puede reducir los GEI generados por la ganadería mediante una producción más eficiente. Los investigadores recomiendan reducir las emisiones de metano provenientes del ganado vacuno mediante diversas estrategias que no impliquen grandes costos para los productores y cuya tecnología se encuentre disponible. Entre las estrategias se encuentra mejorar la nutrición, la reproducción y la genética, al igual que realizar un buen control de enfermedades para mejorar la eficiencia productiva (FAO, 2013).

2.2.11. Uso de frutas y pulpa fresca y otros vegetales en la Alimentación de Rumiantes.

En las zonas tropicales y subtropicales prevalecen los métodos de producción animal; los cuales se caracterizan por ser especialmente de pastoreo extensivo con monocultivos de gramíneas, los cuales producen bajos rendimientos de pastos y son de deficiente calidad, sobre todo en la época seca. Dichos sistemas están asociados con problemas de deforestación, degradación del suelo, escasez del agua, alteraciones en el clima y baja productividad (Karki y Goodman, 2010).

En zonas tropicales las frutas son muy variadas; melón, fruta de pan mango, sandia, papaya y otras. Produciendo grandes desechos de frutas y hojas, los cuales tienen un gran potencial forrajero, con un alto contenido de azúcares, almidones.

Producen grandes cantidades de citrus los países del mediterráneo, tanto para exportación como para consumo local, la extracción de jugo nos deja como residuo la pulpa del cítrico; corresponde a la mitad del producto y tiene un contenido medio de MS del 20% (Bouqué y Fiems, 1988). Esta pulpa es muy rica en energía con un alto contenido de energía metabolizable. El ensilado constituye un método simple y apropiado de conservación de la pulpa, frutas dañadas y el rechazo, junto con subproductos con alto contenido de proteína, como el salvado de trigo y camada de aves. Siendo un gran aporte a los requerimientos nutritivos de los rumiantes, sobre todo para las vacas lecheras al comienzo de su lactancia el ensilaje tiene un costo menor y mejora la palatabilidad del producto final.

2.2.12. La Fruta de pan (*Artocarpus altilis*).

La palabra *Artocarpus* proviene del griego *artos* = pan y *karpos* = fruto, aludiendo a su fruto comestible. *Altilis*, del latín *altilis-e*, = engordar o alimentar, el cual se refiere a sus frutos. El árbol de pan se conoce también como Fruta del pan, Castaño de Malabar, Albopán, Arbopán, Cacaté, Guampán, Guapén, Jaquero, Lavapén, Mapén, Palo de masapán, Palo de pan, Pan de pobre, Pan de todo el año, Pana cimarrona, Panapén, Topán, Pepepan, Pan de árbol, Guampano, breadnut, Castaña. (Argueta, *et al* 2008).

2.2.13. Taxonomía y Morfología.

En la tabla 1. Se observa la taxonomía y morfología de la fruta de pan (*Artocarpus altilis*).

Tabla 1. Taxonomía y Morfología de la fruta de pan

Reino:	Plantae phylum
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsidae
Subclase:	Hamamelidae
Orden:	Urticales
Familia:	Moraceae
Género:	Artocarpus
Especie:	Altilis
Nombre científico:	Artocarpus altilis
Nombres comunes:	Breadfruit (ingles), árbol de pan, fruta de pan (español).

Fuente: (Acero, *et al* 1998; Ragone, *et al* 2006)

2.2.14. Características Botánicas.

El árbol de pan es una especie que alcanza 12 a 18 m de altura que tiene hojas todo el tiempo, aunque en zonas muy secas las pierde temporalmente. El follaje es verde oscuro brillante y las hojas maduran en color amarillo. El tronco, ramas y hojas contienen un exudado blanco, espeso y viscoso. La madera es rosada cremosa, liviana, con una densidad de 0,29 g/cm³ (Parrotta, *et al* 1994).

Hojas:

Las hojas pueden ser perennes, Tienen lóbulos que llegan hasta la parte media comprendida entre el borde de la hoja y el nervio medio. Hay hojas jóvenes que

alcanzan 80 cm de longitud, presentan vellosidades en las nervaduras por su parte superior. La parte inferior de la hoja es de color verde oscuro brillante, con nervaduras amarillas. El ápice estará protegido por una estipula puntiaguda (Acero, *et al* 1998)

.

Flores:

En el árbol de fruta de pan es un árbol monoico (dos sexos en la misma planta) son femeninas y masculinas separadas, pero presentes en el mismo árbol. Las flores femeninas son redondas con 5 cm de diámetro y son apta para la fecundación durante 16 días (Ragone, *et al* 2006). Mientras que las flores masculinas pueden medir de 25 a 35 cm de largo o más. Poseen una madures sexual de 72 hora (Acero, *et al* 1998; Ragone, *et al* 2006).

Frutas:

Del peso total de la fruta, el 49% es semilla, 21% es cascara, 21% es pulpa y el 9% corazón son de forma ovoide pueden llegar a pesar entre 1 a 1,5 kg. Además tienen de 7 a 12 cm de diámetro y de 13 a 20 cm de largo. Con cascara de color verde oscuro y verde amarillento, cuando está maduro. La pulpa tiene un aroma y sabor dulce, escaso de un color blanco amarillento cuando está maduro. (Acero, *et al* 1998; Nagy, *et al* 1990).

Semillas:

La semilla es parte fundamental de la fruta. Posee un peso promedio por semilla de 8,5 a 10 g, de la semilla el 25% es cascara y cutícula y el 75% es comestible, posee dos cascarillas o cutículas protectoras, una externa leñosa y una interna apergaminada y fina. Son de forma plana curva y un tamaño de 2,5 a 3,5 cm, La fruta contiene numerosas semillas que van desde 12 a 150 (Acero, *et al* 1998; Nagy, *et al* 1990; Ragone, *et al* 2006).

2.15. Condiciones de Crecimiento.

Clima:

El árbol de fruta de pan requiere de bosques tropicales y subtropicales. Con temperatura media anual de 26 a 27 °C y precipitación pluvial de 1700 a 3300 mm/año.

Suelo:

Se adaptan a suelos profundos, fértiles y bien drenados, de tipo areno-limosos.

Propagación:

Su propagación es mediante semillas sexuales, hijos, estacas de tallo y raíz. A las semillas hay que cubrirlas con tierra para su germinación que se presenta a los diez días. El trasplante se realiza aproximadamente a los seis meses de la siembra, cuando la planta alcanza una altura de cuarenta cm.

Cosecha:

Se realiza mediante recolección manual de los frutos caídos en el suelo, entre octubre y abril. La producción comienza a los cinco años. Puede producir hasta once ton/ha/año de frutos para una densidad de 100 árboles/ha. (Sisa, *et al* 2006).

2.16. Composición Nutricional.

En la tabla 2. Se muestra la composición nutricional de la semilla de fruta de pan (*Artocarpus altilis*)

Tabla 2. Composición nutricional de la fruta de pan

Componente	Semilla de fruta de pan
Agua (g)	56.67
Proteína (g)	8.8
Carbohidratos (g)	26.6
Grasas (g)	6.1
Fibra (g)	1.8
Ceniza (g)	1.6
Fuente: (Sisa, <i>et al</i> 2006)	

CAPITULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS

La utilización de fruta de pan (*Artocarpus altilis*) en la alimentación de los rumiantes puede mejorar las funciones del rumen y reducir la producción de gases de efecto invernadero.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo General.

Evaluar el efecto de dietas a base de fruta de pan (*Artocarpus altilis*) sobre la fermentación ruminal *in vitro* y cinética de degradación ruminal *in situ* en bovinos.

3.2.2. Objetivo específico.

- Evaluar el efecto de dietas a base de fruta de pan sobre el valor nutrimental y la cinética de degradación ruminal en bovinos.
- Determinar el efecto de dietas a base de fruta de pan sobre la digestibilidad aparente de la materia seca y producción de gas *in vitro* en bovinos.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Ubicación del Ensayo

La presente investigación se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el Cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua, a 20 Km al sur de Ambato con una altitud de 2850 m.s.n.m. cuyas coordenadas geográficas son: 01° 22' 0.2" de latitud Sur y 78° 36' 22" de longitud Oeste. El experimento tendrá una duración de 45 días (15 días de adaptación y 30 días de muestreo).

4.2. Caracterización del Lugar

Según la Estación Meteorológica de primer orden ubicado en la Granja Experimental Docente Querochaca, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, reporta las siguientes características agro-climáticas:

- Temperatura: Temperatura máx. 20° C
- Temperatura mín. 7° C
- La temperatura ambiente promedio es de 15°C.
- Pluviosidad: A nivel de la provincia de Tungurahua se tiene una humedad relativa baja y precipitación pluviométrica que oscila entre 470 mm. y 10 mm. En el cantón Cevallos tiene una pluviosidad de 517.8 mm media anual.
- La intensidad de las lluvias se presenta de septiembre, octubre y noviembre.
- Clima: templado y seco.

4.3. Equipos y Materiales

4.3.1. Materiales

- ✓ Toros
- ✓ Galpón
- ✓ Jaulas
- ✓ Desinfectantes
- ✓ Materiales de limpieza
- ✓ Dietas balanceadas
- ✓ Tamices
- ✓ Licuadora
- ✓ Jeringas

4.3.2. Equipos

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Balanza digital
- ✓ Estufa
- ✓ Picadora
- ✓ Baño de María
- ✓ Desecadora
- ✓ Computadora portátil
- ✓ Tanque de CO₂
- ✓ Frascos de vidrio
- ✓ Traductor de presión
- ✓ Cánulas

4.4. Factores en Estudio

T1: 100 % de alfalfa. (Testigo).

T2: 80 % de alfalfa + 20 % de fruta de pan.

T3: 60 % de alfalfa + 40% de fruta de pan.

4.5. Manejo de la Investigación

El experimento tuvo una duración de 45 días (15 días de degradación ruminal y 30 de pruebas *in vitro*).

4.5.1. Animales, alimentación y tratamientos

4.5.1.1. Animales

Se utilizaron 6 animales machos con una edad promedio de 2 años, y peso promedio de 350 Kg, Los animales previos a ser sometidos a los tratamientos serán identificados, desparasitados, ayunados.

4.5.1.2 Alimentación

Los animales fueron alimentados con una ración integral a base de *Artocarpus altilis* (fruta de pan), *Medicago sativa* (alfalfa), se les suministro alimento y agua *ad libitum*. El pasto a utilizar *Medicago sativa* (alfalfa), fue cortado, deshidratado exponiéndolo al sol, para luego molerlo e integrarlo a la dieta. Los frutos de *Artocarpus altilis* se recolectaron directamente del árbol, posteriormente fueron secados al sol y se molieron en un molino de martillo y se elaboraron las dietas, se tomarán muestras para calcular la MS.

4.5.1.3 Tratamientos

Los animales se distribuyeron en un diseño completamente aleatorizado en los siguientes tratamientos: T1; alfalfa 100%, T2; alfalfa 80% y 20% fruta de pan T3; alfalfa 60% y 40% fruta de pan. En la Tabla 3 se muestra las dietas y su composición química.

Tabla 3. Composición de las muestras integrales

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
alfalfa	100 %-	80 %	60 %
fruta de pan (<i>A. atilis</i>)		20 %	40 %
Total	100 %	100 %	100 %
Composición química %			
Materia seca	95.1	95.2	95.2
MO	94.3	93.9	94.4
Cenizas	5.6	6.0	5.5
FDN	50.9	52.4	52.8
FDA	38.9	36.9	33.3

4.6. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (D.C.A.), con tres tratamientos y seis repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

4.7. Variables de Respuesta

Degradabilidad de la MS *in situ*: se empleó el método de la bolsa de nylon (Orskov *et al.* 1980) utilizando animales fistulas en el rumen. Utilizando 6 toros fistulados en el rumen, se incubaron 6 bolsitas por cada tratamiento que contenían 5 g de muestra, se incubaron las muestras, a los tiempos 0, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas, se realizó el lavado de las bolsas, luego se secaron en una estufa a 60 °C hasta obtener peso constaten y luego se registró los pesos para su análisis e interpretación.

La digestibilidad aparente de la MS *in vitro*, se estimó de acuerdo a la metodología descrita por Theodorou, *et al.* (1994). Por cada tratamiento se empleó 6 frascos de vidrio (capacidad de 100 ml), los cuales fueron llenados con una mezcla preparada con: 0,5 g de muestra, y 60 ml de buffer donde se utilizó una proporción de 70% de saliva (42 ml), que es una mezcla artificial y 30% de líquido ruminal de bovinos (18 ml), los cuales se mantuvieron en estufas a una temperatura de 39 °C a 40 °C durante 48 horas.

Producción de gas *in vitro*: se realizó mediante la metodología descrita por Theodorou, *et al.* (1994), utilizando una mezcla que fue preparada con: 0.5 g de la muestra, 42 ml saliva (muestra química artificial) y 18 ml de líquido ruminal de bovino, el cual fue vertido en los frascos de vidrio de 100 ml, que fueron incubados a una temperatura de 39 °C a 40 °C

4.8. Procesamiento de la Información

Todas las variables se analizaron mediante el PROC GLM del SAS de acuerdo al diseño planteado. La comparación de medias se realizará mediante la prueba de Tukey usando el paquete estadístico SAS 2009.

4.9. Análisis Químicos

A todas las muestras se les realizó análisis bromatológicos (PC, FB, EE, MO, MS y cenizas) mediante el método descrito por la AOAC (1995).

CAPÍTULO V

RESULTADO Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados.

En la Tabla 4 se puede observar que la digestibilidad *in vitro* de la MS y MO muestra diferencia $P = (0.0006)$ entre los tratamientos en estudio, siendo el de mayor valor T3 (504.5 DIVMS g/kg y 517.42 DIVMO g/kg) y el de menor valor T1 (377.6 DIVMS g/kg y 383.5 DIVMO g/kg) respectivamente.

Tabla 4. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica (MS y MO)

Parámetros	TRATAMIENTOS			ESM	P	CONTRASTES	
	T1	T2	T3			L	C
DIVMS g/kg	377.6 ^b	441.2 ^{ab}	504.5 ^a	17.85	0.0006	0.0302	0.9965
DIVMO g/kg	383.5 ^b	450.6 ^{ab}	517.4 ^a	18.88	0.0006	0.0002	0.9943

^{abc} Medias con letras distintas entre filas difieren significativamente ($P < 0.05$). **ESM:** error estándar de la media.

DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca. **DIVMO:** Digestibilidad *in vitro* de la Materia Orgánica. T1: 100 % de alfalfa, T2: 80 % de alfalfa + 20 % de fruta de pan, T3: 60 % de alfalfa + 40% de fruta de pan.

Con respecto a la (Tabla 5) se muestra que para la degradación ruminal MS, la fracción soluble (A), la fracción insoluble (B) y (c) tasa de degradación en porcentaje por hora, no presentaron diferencias para $P = (0.2042, 0.1918 \text{ y } 0.6591)$ respectivamente). Mientras que para la degradación efectiva MS, K (0.02 h^{-1}) muestra diferencia $P = (0.0001)$ entre tratamientos siendo el de mayor valor T3 (64.2), mientras que para K (0.05 h^{-1} y 0.08 h^{-1}) muestra diferencia para $P = (0.0001, 0.0005)$ respectivamente) entre tratamientos siendo los de mayores porcentajes T3 (59.6, 56.4) y T2 (57.8, 55.3) respectivamente. En la degradación de la MO la fracción soluble (A), la fracción insoluble (B) y (c) tasa de degradación en porcentaje por hora, no se observa diferencias $P = (0.2006, 0.1997 \text{ y } 0.6106)$ respectivamente) entre tratamientos. En cuanto a la degradación efectiva de la MO, K (0.02 h^{-1} y 0.05 h^{-1}) presenta diferencia $P = (0.0001)$ respectivamente) entre tratamientos, obteniendo los mayores resultados T3 (62.4 y 57.5 respectivamente), el valor de K (0.08 h^{-1}) fue mayor en T3 y t2 (54.1 y 52.4) presentando diferencia $P = (0.0001)$ con respecto a T1.

Tabla 5. Degradación ruminal *in situ* de la materia seca (g/kg MS) y materia orgánica (g/kg MO)

Parámetros	TRATAMIENTOS			ESM	P	CONTRASTES	
	T1	T2	T3			L	C
Degradación de la MS							
A	36.4 ^a	42.7 ^a	39.8 ^a	2.383	0.2042	0.3210	0.1357
B	26.1 ^a	22.8 ^a	29.0 ^a	2.258	0.1918	0.3926	0.1081
c	0.100 ^a	0.096 ^a	0.106 ^a	0.007	0.6591	0.5452	0.1081
A+B	62.6	65.6	68.9	0.298	0.0001	0.0001	0.7627
Degradación efectiva de la (MS)							
K 0.02 h ⁻¹	58.2 ^c	61.7 ^b	64.2 ^a	0.336	0.0001	0.0001	0.2899
K 0.05 h ⁻¹	53.9 ^b	57.8 ^a	59.6 ^a	0.581	0.0001	0.0001	0.1482
K 0.08 h ⁻¹	51.0 ^b	55.3 ^a	56.4 ^a	0.785	0.0005	0.0002	0.1288
Degradación de la MO							
A	32.6 ^a	39.1 ^a	36.7 ^a	2.431	0.2006	0.2580	0.1587
B	27.6 ^a	24.3 ^a	30.5 ^a	2.318	0.1997	0.3909	0.1142
c	0.984 ^a	0.966 ^a	0,106 ^a	0.007	0.6106	0.4488	0.5292
A+B	60.3	63.4	67.2	0.307	0.0001	0.0001	0.3884
Degradación efectiva de la MO							
K 0.02 h ⁻¹	55.6 ^c	59,2 ^b	62.4 ^a	0.349	0.0001	0.0001	0.5660
K 0.05 h ⁻¹	51.0 ^c	55.1 ^b	57.5 ^a	0.607	0.0001	0.0001	0.2444
K 0.08 h ⁻¹	47.9 ^b	52.4 ^a	54.1 ^a	0.821	0.0002	0.0001	0.1925

^{abc} Medias con letras distintas entre filas difieren significativamente (P<0.05). **ESM:** error estándar de la media. **A:** fracción soluble, **B:** fracción insoluble pero potencialmente degradable, **c:** tasa de degradación en % por hora., **A+B:** potencial de degradación, **K (% h⁻¹)** degradación efectiva T1: 100 % de alfalfa, T2: 80 % de alfalfa + 20 % de fruta de pan, T3: 60 % de alfalfa + 40% de fruta de pan.

Para la degradación de la FDN se observa que la fracción soluble (A) no presenta diferencia $P= (0.3085)$ entre tratamientos. Mientras que para la fracción insoluble (B) pero potencialmente degradable y (c) tasa de degradación en porcentajes por hora muestran diferencias $P= (0.0215$ y $0.0320)$ respectivamente, siendo los de mayor valor T3 (37.0 y 0.092 respectivamente). Con respecto a la degradación efectiva se observa que K (0.02 h^{-1} , 0.05 h^{-1} y 0.08 h^{-1}) presentan diferencias $P= (0.0001)$ entre tratamientos obteniendo los mayores resultados T3 (44.2, 37.8 y 33.7) respectivamente. La degradación de la FDA la fracción soluble (A) y la tasa de

degradación en porcentaje por hora (c) no presentan diferencia $P=$ (0.1790 y 0.6017) respectivamente, mientras que para la fracción soluble (B) pero potencial mente degradable el mayor valor lo obtuvo T3 (32.8) presentando diferencia para $P=$ (0.0104) con respecto a T1. La degradación efectiva de la FDA, K (0.02 h^{-1}) presento sus valores más altos en T2 y T3 (29.2 y 28.5) observándose diferencia en $P=$ (0.0005) en relación T1, mientras que en K (0.05 h^{-1} y 0.08 h^{-1}) no presento diferencia $P=$ (0.1602 y 0.2303 respectivamente) entre tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6. Degradación de la fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente acida (FDA)

Parámetros	TRATAMIENTOS			ESM	P	CONTRASTES	
	T1	T2	T3			L	C
Degradación de la (FDN)							
A	12.0 ^a	18.5 ^a	13.7 ^a	3.009	0.3085	0.6826	0.1443
B	25.5 ^b	26.8 ^{ab}	37.0 ^a	2.806	0,0215	0.0111	0.2191
c	0.068 ^{ab}	0.064 ^b	0.092 ^a	0.007	0.0320	0.0322	0.0956
A+B	37.5	45.4	50.8	0.521	0.0001	0.0001	0.0658
Degradación efectiva de la (FDN)							
K 0.02 h ⁻¹	31.7 ^c	39.1 ^b	44.2 ^a	0.510	0.0001	0.0001	0.0790
K 0.05 h ⁻¹	26.7 ^c	33.8 ^b	37.8 ^a	0.858	0.0001	0.0001	0.1688
K 0.08 h ⁻¹	23.8 ^b	30.7 ^a	33.7 ^a	1.144	0.0001	0.0001	0.1875
Degradación de la (FDA)							
A	8.7 ^a	6.4 ^a	4.3 ^a	1.597	0.1790	0.0680	0.9840
B	24.7 ^b	29.5 ^{ab}	32.8 ^a	1.624	0.0104	0.0031	0.7146
c	0.060 ^a	0.067 ^a	0.060 ^a	0.005	0.6017	0.9304	0.3232
A+B	33.4	35.9	37.1	0.442	0.0001	0.0001	0.2131
Degradación efectiva de la (FDA)							
K 0.02 h ⁻¹	27.2 ^b	29.2 ^a	28.5 ^a	0.265	0.0005	0.0043	0.0013
K 0.05 h ⁻¹	22.2 ^a	23.3 ^a	21.9 ^a	0.533	0.1602	0.6881	0.0645
K 0.08 h ⁻¹	19.3 ^a	19.9 ^a	18.2 ^a	0.699	0.2303	0.2612	0.1904

^{abc} Medias con letras distintas entre filas difieren significativamente ($P<0.05$). **ESM:** error estándar de la media. **A:** fracción soluble, **B:** fracción insoluble pero potencialmente degradable, **c:** tasa de degradación en % por hora. T1: 100 % de alfalfa, T2: 80 % de alfalfa + 20 % de fruta de pan, T3: 60 % de alfalfa + 40% de fruta de pan.

En la Tabla 7 con respecto a la producción de gas, el volumen acumulado de gas (V_{fi}) muestra su mayor valor para T3 (160.3 ml gas/h) presentado diferencia $P= (0.0001)$ entre tratamientos con respecto a T1 y T2. Tiempo de colonización (b_1) muestra diferencia $P= (0.0001)$ entre tratamientos obteniendo el resultado más alto T3 (39.4). Para la tasa constante de producción de gas (c_1) se observa los mayores resultados para T1 y T2 (1.04 y 0.97) presentando diferencia $P= (0.0001)$ entre tratamientos con respecto T3. Mientras que para todos los tiempos (3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 60 y 72) de producción de gas presentan diferencia $P= (0.0001)$ entre tratamientos siendo el de mayor valor T3 (15.0, 26.9, 36.0, 42.9, 53.6, 63.9, 77.0, 87.2, 95.0 y 100.6) respectivamente.

Tabla 7. Cuadro de producción de gas *in vivo*

tratamientos	Parámetros de la producción de gas			Producción de gas (ml gas/horas) a diferentes tiempos									
	Vfi	b1	c1	3	6	9	12	18	24	36	48	60	72
T1	99.6 ^c	19.7 ^c	1.04 ^a	12.3 ^c	22.3 ^b	30.9 ^c	37.5 ^c	46.9 ^c	55.4 ^b	64.7 ^c	71.5 ^c	76.1 ^c	78.7 ^c
T2	130.4 ^b	28.0 ^b	0.97 ^a	13.6 ^b	23.7 ^b	33.0 ^b	40.3 ^b	50.7 ^b	61.2 ^a	73.3 ^b	82.2 ^b	88.7 ^b	93.0 ^b
T3	160.3 ^a	39.4 ^a	0.86 ^b	15.0 ^a	26.9 ^a	36.0 ^a	42.9 ^a	53.6 ^a	63.9 ^a	77.0 ^a	87.2 ^a	95.0 ^a	100.6 ^a
ESM	2.54	1.7689	0.0212	0.3467	0.4050	0.4776	0.5766	0.7312	0.8500	0.8756	0.9473	0.9473	0.967
P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Contrastes													
L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
C	0.8978	0.4849	0.4450	0.9242	0.0869	0.4434	0.8625	0.5757	0.1489	0.0373	0.0214	0.0152	0.0134

^{abc} Medias con letras distintas entre columnas difieren significativamente (P<0.05). **ESM**: error estándar de la media. **Vfi**: volumen acumulado de gas (ml gas/h) correspondiente a la completa digestión del alimento, **b1**: tiempo de colonización (h), **c1**: tasa constante de producción de gas del material potencialmente degradable (% h⁻¹). T1: 100 % de alfalfa, T2: 80 % de alfalfa + 20 % de fruta de pan, T3: 60 % de alfalfa + 40% de fruta de pan.

5.2. Discusión.

Digestibilidad *in vitro* materia seca y materia orgánica.

Con base en los resultados, se observó que T1 presento valores inferiores de digestibilidad de la MS y MO en comparación a T2 y T3, esto puede estar reaccionado al mayor contenido de carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa, lignina) presentes en T1, puesto que los carbohidratos por su tipo, estructura y cantidad almacenada en el pasto, determinan su digestibilidad o disponibilidad para las bacterias ruminales (Hall et al., 1998). (Jung y Allen, 1995) mencionan que la lignina produce una reacción negativa sobre la digestibilidad de los elementos que integran la pared celular, protegiéndolos de la hidrólisis enzimática procedente de la fase digestiva. (Nocek y Tamminga, 1991) expresa que los carbohidratos no estructurales se encuentran incluidos en las células vegetales, siendo de importancia la alta digestibilidad del almidón, superior al 80%, Mientras que a medida que se incorpora carbohidratos no estructurales (almidones, azúcares, fructanos) a los tratamientos se observa una mayor digestibilidad de la MS y MO para T2 y T3 en esta investigación (tabla 5).

Degradación *in situ* de la materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutra y fibra detergente acida.

Los datos obtenidos de degradación efectiva de la MS, MO, FDN, FDA ($K_{0.02}$, 0.05, 0.08 h^{-1}) (tabla 5 y 6) fueron mayor para T3, esto podría estar relacionado por las características del alimento y contenido de carbohidratos no estructurales (almidón, azúcares) presentes, puesto que la tasa de fermentación o degradabilidad, más la degradabilidad absoluta de esos carbohidratos, permite que su fase sea o no eficiente, en la síntesis de los microorganismos. Se sabe que existen dos aspectos críticos en el proceso de fermentación: la velocidad de fermentación o tasa de degradación y la velocidad de paso o tasa de pasaje para la eficacia del rumiante (Fox, et al 2000; Van Soest, 1994). corroborado por (Holzer et al, 1997) la mayor proporción del almidón de la mandioca (70%) se encuentra en forma de amilopectina, lo que produce una elevada digestibilidad, Sin embargo, la ausencia de matriz proteica facilita su rápida degradación en el rumen. (Hungate, et al 1966) expresa, los azúcares son abundantes por ciclos cortos de tiempo después de la

deglución del alimento y luego actúan como metabolitos intermedios en la degradación de los carbohidratos más complejos.

Producción de gas *in vitro*

La mayor producción de gas se observa en T3, se puede deber al contenido de los carbohidratos solubles, ya que la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) está determinada por la acción de los microorganismos sobre los metabolitos de los carbohidratos. Estos AGV a su vez proporcionan entre 70 y 80% de las necesidades calóricas totales del animal hospedero (Church, *et al* 1993). (McAllister, *et al* 1996) expresa que la inclusión de alimentos ricos en almidón para rumiantes, aumenta la producción de propionato, disminuyendo la producción de metano y reduciendo la producción de acetato/propionato, además la disminución del pH inhibe las bacterias metanogénicas. (Nsahlai, *et al* 1995 citado por Mayorga, *et al* 2016) expresa que la producción de gas está vinculada con el contenido de fibra y esta a su vez con la digestibilidad. Lo que es corroborado por (Pell, *et al* 1997 citado por Mayorga, *et al* 2016) al mencionar que existe una relación lineal entre ambos conceptos, con una pendiente constante (tabla 7).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

Los resultados obtenidos permiten concluir que la utilización (*Artocarpus altilis*) podrían ser incluida en las dietas de los bovinos hasta un 40%. Debido a su contenido de carbohidratos no estructurales y nutrientes disponibles en la fruta de pan, los cuales pueden mejorar las funciones ruminales.

6.2. Recomendaciones.

Con base al resultado, la fruta de pan (*Artocarpus altilis*), puede ser considerada como un ingrediente en la alimentación de rumiantes, incluyendo hasta un 40% de la materia seca en la dieta, debido a que posee características favorables para mejorar las funciones ruminales y su nutrición. Sin embargo, más investigaciones son necesarias, para confirmar los resultados reportados en esta investigación.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS

- Acero, L., (1998). “Guía para el cultivo y aprovechamiento del Árbol del Pan (*Artocarpus altilis*) (Park.) Fosberg”, Convenio Andrés Bello, SECAB, Ciencia y Tecnología N°.72, http://www.ecoaldea.com/plmd/arbol_pan.htm.
- Alonso, G. (2010). Enfrentamiento al cambio climático en Cuba. Programa. Resúmenes. II Congreso Producción Animal Tropical. Tomo I. Palacio de Convenciones La Habana. Cuba. 10 pp.
- AOAC, (1995). Métodos oficiales de análisis. 16a Ed. Asociación de Químicos Analíticos Oficiales; Washington,
- Arce C, T. Arbaiza, F. Carcelen y O. Lucas. (2003). Estudio comparativo de la digestibilidad en forrajes mediante dos métodos de laboratorio. Rev. de Investigaciones Veterinarias Perú.
- Arelovich, H. M. (2008). Mineral elements. Their impact on rumen fermentation. In Revista Argentina de Producción Animal (Vol. 28, No. 3, pp. 235-253). Asociación Argentina de Producción Animal.
- Argueta, A. (2008). “Determinación de la aceptabilidad de galletas para niños en edad escolar elaboradas a partir de harina de semilla de pan (*Artocarpus altilis*) en el municipio de San Lorenzo del departamento de Suchitepéquez”. (Proyecto). San Lorenzo - Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 51p.
- Armando, J., Cardenas, B., & Flores, C. L. (2012). Enteric methane emission by ruminants and its contribution to global climate change. Review. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 3(2), 215-246.
- Barros-Rodríguez, M.A., Solorio-Sánchez, F.J., Sandoval-Castro, C.A., Ahmed, A. M. M., Rojas-Herrera R., Briceño-Poot E. G. and Ku-Vera J. C. 2014. Effect of intake of diets containing tannins and saponins on in vitro gas production and sheep performance. 54, 1486–1489
- Beever D.E., Mould F.L. (2000). Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. En: Givens D.I., Owen E., Omed H.M., Axford R.F.E. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. Wallingford. CAB. 475 p.

- Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., O'mara, F., & McAllister, T. A. (2008). Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Animal Production Science*, 48(2), 21-27.
- Bonilla J A y Lemus C (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3 (2):215-246.
- Bouqué, C.V., y Fiems, L.O. (1988). Vegetable by-products of agro-industrial origin. *Livest. Prod. Sc.*, 19: 97-135.
- Calsamiglia S., Ferret A. (2002). Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: acidosis y meteorismo. XVIII Curso de especialización FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Eds. P.G Rebollar, C. de Blas y G.G. Mateos. Barcelona, España. p. 97. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/publi.htm>. Consultado: 7 de enero de 2015.
- Camero, A.; Camargo, J. C.; Ibrahim, M. & Schlönvoigt, A (2000). Agroforestería y sistemas de producción animal en América Central. En: C. Pomareda y H. Steinfeld, ed. Intensificación de la ganadería en Centroamérica-Beneficios económicos y ambientales. San José, Costa Rica: CATIE/FAO/SIDE, p. 177-198.
- Carmona, J. C., Bolívar, D. M., & Giraldo, L. A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(1), 49-63.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), 2014. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: Una mirada hacia América Latina y el Caribe. Resumen Ejecutivo. Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola (IICA), San José, CR.
- Chanthakhoun, V.; Wanapat, M.; Wachirapakorn, C.; Wanapat, S., (2011). Effect of legume (*Phaseolus calcaratus*) hay supplementation on rumen microorganisms, fermentation and nutrient digestibility in swamp buffalo. *Livestock Science* 140, 17–23.
- Church, D. C. (1993). El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Editorial Acribia. Zaragoza, 641pp.
- Cruz, F.W. (1996). Estudio de la introducción de ovinos en parcelas agroforestales. *folia amazonica*, 75.

- Dehority, B. A., C. G. Orpin. (1988). Development of, and natural fluctuation in, rumen microbial populations. In P. N. Hobson (ed.), *The rumen microbial ecosystem*, pp. 151–183. Elsevier Appl. Sci., New York.
- DeRamus, H. et al. (2003). Methane emissions of beef cattle on forages: efficiency of grazing management systems. *Journal Environ Qual.* 32:269
- ECUADOR EN CIFRAS. (2013). Datos de cifras estadísticas desde los años 2011 hasta el año 2013. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/procesador-deestadisticas-agropecuarias-3/>. <http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/main.html>. TB_iframe= true &height= 530&width, 1100.
- FAO, 2005. Ecuador: Livestock Sector Brief. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. http://www.fao.org/Ag/againfo/resources/en/publications/sector_briefs/lsb_ECU.pdf
- FAO. (2013). Enfrentando el cambio climático a través de la Ganadería: Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. Roma.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2015. Interacciones con ganado. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. Agricultura de Conservación. Disponible en <http://www.fao.org/ag/ca/es/4.html>.
- Fox, D.G.; T.P., Tylutki; L.O., Tedeschi; M.E., Van Amburgh; L.E., Chase; A.N., Pell; T.R., Overton y J.B. Russell. 2000. The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient Excretion: Model Documentation. Mimeo No. 213, Animal Science Department, Cornell University, Ithaca, NY.
- Galindo, J., Marrero, Y., Ruiz, T.E., González, N., Díaz, A., Aldama, A.I., Moreira, O., Hernández, J.L., Torres, V. & Sarduy, L. (2009). Effect of a multiple mixture of herbaceous legumes and *Leucaena leucocephala* on the microbial population and fermentative products in the rumen of Zebu upgraded yearling steers. *Cuban J. Agric. Sci.* 43:251
- Galindo, Juana; Delgado, Denia; Pedraza, R. & García, D. E. (2005). Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas. *Pastos y Forrajes.* 28 (1):59-68.
- Giraldo, C.; Valderrama, E.; Montoya, L. y Armbrrecht, I. (2006). Efecto de *Tithonia diversifolia*(As-teraceae)sobre herbivoría de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). En: Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas

- silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. Enero, 113 pp.
- Hall, M. B.; A.N. Pell y L.E. Chase. (1998). Characteristics of neutral detergent soluble fiber fermentation by mixed ruminal microbes. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 70:23-39
- Hess D, Gómez J y Lascano C (Editors) (2006). Taller Taninos en la Nutrición de Rumiantes en Colombia (2, 2006, Cali, Colombia). Memorias/editores: Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 52 p. (Publicación CIAT no. 352)
- Holzer, Z., Aharoni, Y., Lubimov, V., & Brosh, A. (1997). The feasibility of replacement of grain by tapioca in diets for growing-fattening cattle. *Animal feed science and technology*, 64(2-4), 133-141.
- Hungate, R. E. (1966). The rumen and its microbes Academic Press New York and London, pp 84-85.
- Hsu, C. L., Shyu, M. H., Lin, J. A., Yen, G. C., & Fang, S. C. (2011). Cytotoxic effects of geranyl flavonoid derivatives from the fruit of *Artocarpus communis* in SK-Hep-1 human hepatocellular carcinoma cells. *Food Chemistry*, 127(1), 127-134.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. New York: Cambridge Univ. Press. Jacobson, M. Z. 2
- Jayanegara, A, Sofyan, A. (2009). Supplementary feeding on the nutrient balance of lactating dairy cow at contrasting temperature regimes: assessment using Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) model. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 34(3), 196-204.
- Johnson, K. A, Johnson, D. E. (1995). Methane emissions from cattle. *Journal animal science*, 73(8), 2483-2492.
- 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.
- Kamra, D. N. (2005). Rumen microbial ecosisten. *Current Science*, 89(1), 124-135.
- Karki, U., & Goodman, M. S. (2010). Cattle distribution and behavior in southern-pine silvopasture versus open-pasture. *Agroforestry systems*, 78(2), 159-168.

- Kinsman R, Sauer FD, Jackson HA, Wolynetz, MS. (1995). Methane and carbon dioxide emissions from cows in full lactation monitored over a six-month period. *J Dairy Sci*, 78 (12): 2760-2766
- Kurihara M, Magner T, McCrabb H, McCrabb G. (1999). Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*, 81(03), 227-234.
- Lal, R., J. A. Delgado, J. Gulliford, D. Nielsen, Ch. W. Rice, and R. S. V. Pelt. (2012). Adapting agriculture to drought and extreme events. *Journal of Soil and Water Conservation*. Vol., 67, 6: 162-166.
- Leng, R.A. (1997). Tree foliage in ruminant nutrition. *Fao Animal Production and Health*. Documento No. 139, Rome.
- Lin, K. W., Liu, C. H., Tu, H. Y., Ko, H. H., & Wei, B. L. (2009). Antioxidant prenylflavonoids from *Artocarpus communis* and *Artocarpus elasticus*. *Food chemistry*, 115(2), 558-562.
- Mackie, R. I., & White, B.A. (1990). Recent advances in rumen microbial ecology and metabolism: potential impact on nutrient output. *Journal of dairy science*, 73(10), 2971-2995.
- Makkar, H.P.S. (2014). Sustainable increase in livestock productivity in developing countries through efficient utilisation of feed resources. *Cuban J. Agric. Sci.* 48: 55
- Martínez , T. F., Moyano F. J., Barroso F.G., Alarcón F.J. (2004). Ruminant degradation of tannin – treated legume meals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84:1979 – 1987.
- Mayorga Paredes, S. E. (2016). Cinética de degradación ruminal in situ y producción de gas in vitro de residuos de poscosecha *Theobroma cacao* L. ensilado (Master's thesis).
- McAllister, T. A., Phillippe, R. C., Rode, L. M., & Cheng, K. J. (1993). Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. *Journal of animal science*, 71(1), 205-212.
- McAllister, T. A., Okine, E. K., Mathison, G. W., & Cheng, K. J. (1996). Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*, 76(2), 231-244.
- McCaughy W, Wittenberg K, Corrigan D. (1997). Methane production by steers on pasture. *Canadian Journal of Animal Science*, 77(3), 519-524.
- McDonald P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D., Morgan C.A. (2006). *Nutrición Animal*, 6a.ed. Zaragoza, Acribia. 587 p.

- McDonald, P. (1969). *Nutrición Animal*. Traducido del inglés. Aurora Pérez Torrome. Editorial Aribia Zaragoza, España.
- McSweeney, C.S., Palmer, B., Bunch, R. and Krause, D.O. (2001). Effect of the tropical forage *Calliandra* on microbial protein synthesis and ecology in the rumen. *J Appl Microbiol*, 90: 78-88.
- Melesse, A. (2012). Assessing the feeding values of leaves, seeds and seeds-removed pods of *Moringa stenopetala* using in vitro gas production technique. *African J. Biotechnol.* 11: 11342
- Merchen N.R., Elizalde J.C., Drackley J.K. (1997). Current perspective on assessing site of digestion in ruminants. *J Anim Sci.* 75:2223-2234
- Min, B.R., Attwood, G.T., McNabb, W.C., Molan, A.L., Barry, T.N. (2005). The effect of condensed tannins from *Lotus corniculatus* on the proteolytic activities and growth of rumen bacteria. *Animal Feed Science and Technology* 121: 45-58.
- Min, B.R., Attwood, G.T., McNabb, W.C., Molan, A.L., Barry, T.N. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminal fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology* 106: 3 – 19.
- Molina, E. (2011). Ventajas y desventajas de la presencia de los borregos uruguayos en el paisaje turístico de los páramos de la sierra ecuatoriana. *RICIT: Revista Turismo, Desarrollo y Buen Vivir*, (1), 36-47.
- Monforte-Briceño, G. E., Sandoval-Castro, C. A., Ramírez-Avilés, L., & Leal, C. M. C. (2005). Defaunating capacity of tropical fodder trees: Effects of polyethylene glycol and its relationship to in vitro gas production. *Animal Feed Science and Technology*, 123, 313-327.
- Monsalve L, (2003). Suplementación de una gramínea tropical con leguminosas y *Sapindus saponaria*: Efectos sobre la fermentación ruminal y la metanogénesis in vitro. Trabajo de grado para optar el título de Zootecnista, Universidad Santa Rosa de Cabal.
- Moss, A. R., Jouany, J. P., Newbold, J. (2000). Methane production by ruminants: its contribution to global warming. In *Annales de zootechnie* (Vol. 49, No. 3, pp. 231-253). EDP Sciences.
- Moreno, D. X. S. (2003). Guía de procesos para la elaboración de harinas almidones hojuelas deshidratadas y compotas (No. 113). Siglo Del Hombre Editores SA.
- Nagy, S., Shaw, P. y Wardowski, W., (1990). “Fruits of Tropical and Subtropical Origin”, Estados Unidos, pp. 193,216.

- Nsahlai I V, Umunna N N and 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; 69: 519-528
- Nocek, J. E., & Tamminga, S. (1991). Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3598-3629.
- Núñez, A. C., et al. (2007). "Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/Katahdin." *Revista Científica UDO Agrícola* 7(1): 245-251.
- Orskov, E., Hovell, F., & Mould, F. (1980). Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos [digestión, rumen]. *Producción Animal Tropical*. 5(3), 213-233.
- Ortiz, D., et al. (2014). "Efecto de metabolitos secundarios de las plantas sobre la emisión entérica de metano en rumiantes."
- Parrotta, J., (1994). *Artocarpus altilis* (S. Prark).) Fosb. Breadfruit, breadnut. USDA, Southern Forest Exp. Sta. New Orleans, LA. Disponible: <http://www.consumaseguridad.com/Investigacion>.
- Pell, A. N., Doane, P. H., & Schofield, P. (1997). In vitro digestibility and gas production. *Simpósio sobre tópicos especiais em zootecnia. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Juiz de Fora, MG-Brazil*, 110-132.
- Primavesi O, Shiraishi RT, Dos Santos M, Aparecida M, Teresinha T, Franklin P. (2004) Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. *Pesq agropec bras*, 39 (3): 277-283.
- Ragone, D., (2006). "Artocarpus camansi (breadnut)", <http://www.agroforestry.net/tti/A.camansi-breadnut.pdf>.
- Rizzo P. (1999). Logros de la Asociación de Ganaderos del Litoral y Galápagos. Proyecto SICA. Guayaquil, Ecuador. Disponible en: www.sica.gov.ec consultado 15 de marzo 2015.
- Rodríguez, R., González, N., Alonso, J., Domínguez, M., & Sarduy, L. (2014). Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(4), 371.
- Rubanza, C.D.K., Shem, M.N., Bakengesa, S.S., Ichinohe, T. & Fujihara, T. (2007). Effects of *Acacia nilotica*, *Acacia polyacantha* and *Leucaena leucocephala* leaf meal supplementation on performance of Small East African goats fed native pasture hay basal forages. *Small Ruminant Res.* 70:165
- Sánchez, R., y Itzel, A. (2012). Estrategia de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Estudio de Caso: Instituto Politécnico Nacional.

- SAS, 2009. SAS/STAT® User's Guide (9.1 Edition). SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- SICA. Servicio de Información y Censo Agropecuario. Bse de datos. Ecuador. (2002). Disponible en www.sica.gov.ec consultado 15 de marzo 2015.
- Sisa, J. (1996). Árbol de pan. Consultada 19 de febrero (2016). www.ecoaldea.com/plmd/arbol_pan.htm - 135k -
- Soliva, C.R., Hess, H.D., Meile, L., Kreuser, M. & Machmuller, A. (2003). Suppression of ruminal methanogenesis by dietary means: Apparent inconsistency between methane release and counts of microbes Involved in methanogenesis. *Tropical and Subtropical Agrosystems* 3:209
- Sosa D. et.al. (2006) Digestibilidad de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en cabras. *Bol. Téc., Ser. Zool.* 6(2):68-76.
- Scheehle, E. y Kruger, D. 2006. Global anthropogenic methane and nitrous oxide emissions. *The Energy Journal*. Special issue: 33-44
- Steinfeld, H. et al. (2006). *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. FAO. Rome, Italy. 392 p.
- Tirado, D. F., Acevedo, D., & Montero, P. M. (2015). Transferencia de calor y materia durante el proceso de freído de alimentos: tilapia (*Oreochromis niloticus*) y fruta de pan (*Artocarpus communis*). *Información tecnológica*, 26(1), 85-94.
- Torres, G, T. Arbaiza, F. Carcelen y F. Lucas. (2009). Comparación de las técnicas in situ, in vitro y enzimática (Celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. *Rev. Inv. Vet Perú*.
- Torres-Acosta, J. F. J., & Hoste, H. (2008). Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 77(2), 159-173.
- Theodorou, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M. S., McAllan, A. B., & France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal feed science and technology*, 48(3), 185-197.
- Van Soest P.J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2a Ed. Cornell University Press. 476 p.
- Van Soest, P. J. (1982). *Nutritional Ecology of the Ruminant;: Ruminant Metabolism, Nutritional Strategies, the Cellulolytic Fermentation and the Chemistry of Forages and Plant Fibres*. O and B Books.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. (2nd Ed.) Cornell University Press, " Ithaca, NY.

Waghorn, G. C., Ulyatt, M. J., John, A., & Fisher, M. T. (1987). The effect of condensed tannins on the site of digestion of amino acids and other nutrients in sheep fed on *Lotus corniculatus* L. *British journal of nutrition*, 57(01), 115-126.

CAPITULO VIII

PROPUESTA

8.1. DATOS INFORMATIVOS

Tema: “Efecto de la ingesta de *Artocarpus altilis* sobre el rendimiento productivo en bovinos y producción de gas *in vitro*”.

8.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En el Ecuador la modalidad más empleada en la alimentación de los ovinos es el pastoreo, el cual se realiza en pastizales naturales, constituyéndose así una ventaja económica para el productor, al disminuir costos. Sin embargo, los pastos naturales utilizados en dicha modalidad, tienen baja cantidad de energía metabolizable y de proteína digestible, obteniendo como resultado una explotación limitada con respecto a la ganadería ovina (Núñez, Mencio et al. 2007).

Los rumiantes pueden aprovechar diversas fuentes de alimentos comparados con los monogástricos, los microorganismos del retículo-rumen permiten a los rumiantes transformar los alimentos fibrosos (residuos de cultivos, forrajes y agroindustria) y el nitrógeno no-proteico (amoníaco, urea) en alimentos altamente nutritivos para los seres humanos (carne, leche) (Carmona, J. C. et al, 2005).

Una opción sostenible, económica y ecológica para los productores agropecuarios y agricultores es la utilización de fruta de pan (*Artocarpus altilis*) como parte de la dieta alimenticia de ovinos que contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) y al aprovechamiento de la energía animal.

En este estudio científico se determinara, el Efecto de la ingesta de *Artocarpus altilis* sobre el rendimiento productivo en ovinos y producción de gas *in vitro*.

Es muy escasa la información sobre la utilización de fruta de pan en la alimentación de rumiantes y sus efectos sobre la fermentación ruminal y producción de GEI.

8.3. JUSTIFICACIÓN

En nuestro país la producción ovina ha sido durante muchos años el sustento económico para muchas familias en especial de pequeños productores. Sin embargo, en este medio rural es en donde la crianza de los corderos no son adecuadas, al no poseer el conocimiento de una dieta nutritiva con elementos disponibles en éste ámbito, en su lugar la alimentación del ganado ovino siempre ha sido constituida por los pastizales de baja calidad nutritiva, dando como resultado una alta deficiencia en la ganancia de peso de estos animales, y por tanto un ingreso económico más bajo.

Al utilizar la fruta de pan, se pretende aprovechar los valores nutritivos que poseen para la alimentación de los rumiantes y disminuir la contaminación del GEI que estos producen al no ser aprovechados.

Al realizar este proyecto de investigación aprovechando la fruta de pan (*Artocarpus altilis*), cuya implementación en la producción agropecuaria, restablece los valores nutritivos del ganado en los periodos de carencia de los pastos, mejorando la economía de los productores y disminuyendo la contaminación ambiental.

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

8.4. OBJETIVOS

8.4.1. Objetivo general

Emplear la fruta de pan (*Artocarpus altilis*) como alimento alternativo no convencional y suplementario en la dieta de animales rumiantes

8.4.2. Objetivos específicos

- ☐ ☐ Determinar el consumo y la aceptación de la fruta de pan en los rumiantes.
- ☐ ☐ Evaluar el efecto de la suplementación a base de la fruta de pan en la ganancia de peso de los rumiantes.

8.5. 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.

8.6. FUNDAMENTACIÓN

La demanda de alimentos de origen animal, en especial carne y leche se ha incrementado mundialmente, su comienzo se encuentra en los países en vías de desarrollo.

La demanda de alimentos ha venido incrementándose desde hace varios años, por lo cual es necesario desarrollar tecnologías que ayuden a los ganaderos a producir más eficientemente y así poder consolidarse en un lugar adecuado en el mercado nacional e internacional. Diseñar dietas que mejoren la calidad del alimento ofrecido al animal es una de las técnicas que promueven el incremento de ganancia de peso en menor tiempo orientándose a ser económicamente sustentables y ecológicamente sostenibles.

El uso de diferentes árboles frutales, subproductos agrícolas y agroindustriales se ha venido dando desde siglos atrás, empleando conocimientos rutinarios, donde las características nutricionales de estos vegetales no eran adecuadamente aprovechadas. En este contexto, el suministro de fruta de pan no convencional es una alternativa interesante para mejorar la alimentación de los rumiantes.

8.7. METODOLOGÍA

- ☐ ☐ Palatabilidad de la fruta de pan como alimentación de los rumiantes.
- ☐ ☐ Determinación de la ganancia de peso diaria del animal.
- ☐ ☐ Consumo diario de MS de cada tratamiento.

8.8. ADMINISTRACIÓN

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

8.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Se recomienda realizar la evaluación del proyecto para que los resultados sean confiables, y poder mejorar las condiciones de vida de los pequeños productores del país.

ANEXOS

Anexo. 1. Degradación ruminal *in situ*



Anexos. 2. Digestibilidad aparente de la M.S *in vitro*



Anexo. 3. Producción de gas *in vitro*

