

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**“Valorización de la degradación ruminal y digestibilidad *in vitro* del
maní forrajero (*Arachis pintoi*)”**

AUTORES:

Daniel Alejandro Loja Arpi

José Elías Ashqui Ramírez

DIRECTOR

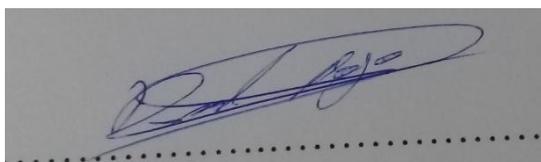
Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

PUYO – ECUADOR

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

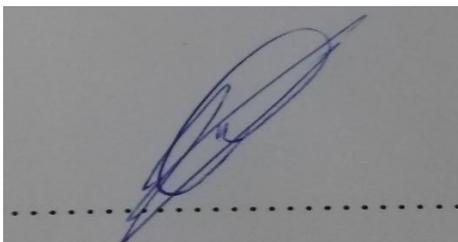
Yo, Daniel Alejandro Loja Arpi, con C.I: 0105369680, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el presente Proyecto de Investigación bajo el tema: “Valorización de la degradación ruminal y digestibilidad *in vitro* del maní forrajero (*Arachis pintoi*)”, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.



Daniel Alejandro Loja Arpi

C.I: 0105369680

Yo, José Elías Ashqui Ramírez, con C.I: 1501098360, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el presente Proyecto de Investigación bajo el tema: “Valorización de la degradación ruminal y digestibilidad *in vitro* del maní forrajero (*Arachis pintoi*)”, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

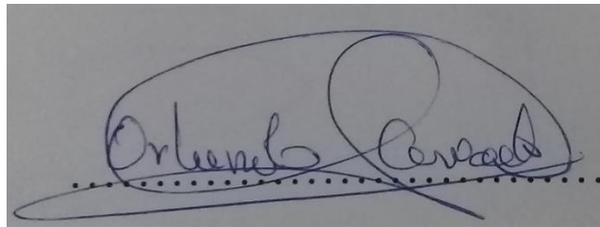


José Elías Ashqui Ramírez

C.I: 1501098360

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo, Willan Orlando Caicedo Quinche, con C.I: 1600446114 certifico que los egresados, Daniel Alejandro Loja Arpi y José Elías Ashqui Ramírez, realizaron el Proyecto de Investigación titulado: “Valorización de la degradación ruminal y digestibilidad *in vitro* del maní forrajero (*Arachis pintoi*)” previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, reading "Orlando Caicedo", is written over a horizontal dotted line. The signature is enclosed within a large, hand-drawn oval shape.

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

DIRECTOR DE PROYECTO



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 073-SAU-UEA-2019

Puyo, 18 de julio de 2019

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a los egresados. LOJA ARPI DANIEL ALEJANDRO con C.I. 0105369680; y, ASHQUI RAMÍREZ JOSÉ ELÍAS con C.I. 1501098360, con el Tema: “**Valorización de la degradación ruminal y digestibilidad *in vitro* del maní forrajero (*arachis pintoi*)**”, de la carrera Ingeniería Agropecuaria Director de proyecto Dr. C. William Orlando Caicedo, PhD, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 1%, Informe generado con fecha 18 de julio de 2019 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis mani forrajero 2019 Final..docx (D54480518)
Submitted: 7/18/2019 8:08:00 PM
Submitted By: agr20140088@uea.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

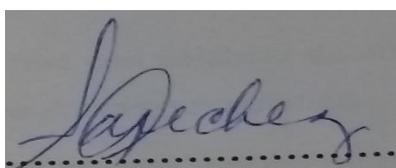
397fc5cd-b561-4764-ab5c-9efe9c3c4f97

Instances where selected sources appear:

1

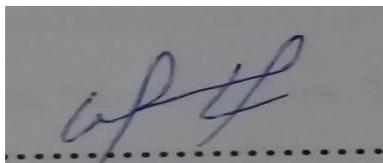
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación titulado: “Valorización de la degradación ruminal y digestibilidad *in vitro* del maní forrajero (*Arachis pintoi*)”, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is cursive and appears to read 'Alina Ramírez Sánchez'. Below the signature is a horizontal dotted line.

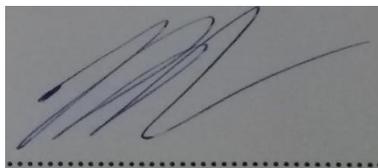
Dra. Alina Ramírez Sánchez, PhD

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is cursive and appears to read 'María Isabel Viamonte Garcés'. Below the signature is a horizontal dotted line.

Dra. María Isabel Viamonte Garcés, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is cursive and appears to read 'Francisco Lam Romero'. Below the signature is a horizontal dotted line.

Dr. Francisco Lam Romero, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar agradeciendo a Dios por brindarme salud y bendiciones durante toda mi vida.

A mis padres que con sus bendiciones, sacrificio, esfuerzo y confianza han estado siempre para apoyarme en todo momento e incluso en situaciones en las que la economía no ha sido favorable para ellos, siempre estuvieron pendientes de que nunca me faltara nada durante mi vida estudiantil.

Gracias a mi familia por apoyarme con palabras de aliento, motivación y consejos de seguir adelante en los estudios y nunca darme por vencido.

Al Dr. Willian Orlando Caicedo Quinche, por ser mi tutor, confiar en mí y tenerme en cuenta para desarrollar el proyecto de investigación del cual me ayudaría a la formación profesional, así como su apoyo incondicional y conocimientos que supieron guiarme durante todo el proceso de investigación hasta su culminación.

A la Dra. Verónica Cristina Andrade Yucailla, quien me apoyo con sus conocimientos durante el proceso de investigación realizado en el CIPCA, así como su amistad y confianza.

A los miembros del jurado; Dra. Alina Sánchez, Dra. María Isabel Viamonte y Dr. Francisco Lam quienes con sus conocimientos supieron dirigirme durante la revisión del proyecto de investigación.

A mis compañeros de clases; Ximena Mayorga, Karolina Socola, Andrea Guamán, Jesica Flores, José Asqui, Diego Riera, Bryan Erazo, Miki Jarrin, Denis Asimtibay, Mayra Velastegui, Marilú Toapanta, Wellington Grefa.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado la vida, acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi luz en mi camino y por darme la sabiduría, fortaleza para alcanzar mis objetivos.

A la Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD, Tutor del proyecto de investigación, a quien hago llegar mí más sinceros agradecimientos, por permitirme ser partícipe de uno de sus proyectos dentro de la Universidad y por su entrega incondicional durante el desarrollo de este trabajo de investigación, de la misma manera a mi asesora, Dra. Verónica Andrade, y a todos quienes colaboraron directamente en el proyecto, y a todos mis amigos y amigas que me ayudaron en la ejecución del proyecto de investigación.

A mis padres, Ramón Ashqui Martínez y Eugenia Ramírez Cuvi por los valores que me han inculcado, en especial a mi madre que se ha convertido en uno de los pilares fundamentales, por su confianza depositada en mí, sus consejos y apoyo incondicional durante mis estudios.

A mis hermanos, Samuel, Juan, Ana, María, Ruth y Rosa, por ser amigos, formar parte de mi vida y sus apoyos diariamente; a mis sobrinos, a mis tíos, en especial a mi tía Salvadora Parreño, por sus consejos, ejemplos de triunfo, perseverancia y responsabilidad.

Un sincero agradecimiento a mis docentes, compañeros y amigos, en especial a mis amigas Ana Lucia Márquez y Katherine Castro que brindaron sus enseñanzas, apoyo y consejos a lo largo de la carrera para no rendirme y lograr culminar esta meta planteada.

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación le dedico primeramente a Dios, por cuidarme y brindarme bendiciones en toda mi vida.

A mi padre José Manuel Loja y a mi madre María Luisa Arpi, ya que son mi pilar fundamental y apoyo en mi formación académica, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia, y todo ello de una manera desinteresada y lleno de amor.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome y logrando que este sueño se haga realidad.

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación lo dedico con todo mi amor y cariño primeramente a Dios, por darme inteligencia, sabiduría y una familia maravillosa.

De igual forma a mis padres, que han estado conmigo en todo momento, en especial a mi madre Eugenia Ramírez, por hacer todo lo posible para que yo no desmaye en el camino pese a las dificultades que se han presentado, y por estar ahí dándome ánimos, motivación para hacer realidad mi sueño. Y también a mis hermanos que me brindaron su apoyo incondicional y que muchas veces se pusieron en el rol de padre.

A mis tíos, primos, maestros y amigos que convivieron en el día a día brindándome sus enseñanzas, amor y llenándome de alegría que hacía que el camino sea menos difícil.

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

La presente investigación se realizó para valorar la degradación ruminal *in situ* del maní forrajero “(*Arachis pintoi*)” a diferentes edades de corte en bovinos, para lo cual se utilizó cuatro toros de 26 meses de edad con un peso de $350,3 \pm 35,2$ kg, provistos de una cánula ruminal. La degradación ruminal *in situ* de MS, se determinó mediante la técnica de la bolsa de nylon en el rumen, colocando 10g de muestra de maní forrajero de (30, 45, 60,75 y 90 días de corte) previamente secadas y tamizadas en partículas de 2 mm. Luego de cumplir el tiempo de incubación (0, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas) se retiraron las bolsas del rumen, se lavaron y colocaron en una estufa a 60 °C hasta obtener un peso constante. Los mejores coeficientes de digestibilidad *in situ* de la MS se obtuvieron en: la hora cero (29,86%), hora 6 (35,89%) y hora 12 (40,62%) con la edad de corte 30 días; hora 48 con las edades de corte 45 (81,48%) y 60 (79,56%) días; hora 72 con las edades de corte 45 (84,18%), 60 (82,40%) y 75 (81,81%) días; hora 96 (85,91%) con la edad de corte 45 días. En la hora 24 no hubo efecto significativo ($p < 0,05$) entre las edades de corte. Las mayores tasas de pasaje ($p < 0,05$) se obtuvieron con las edades de corte 45 (47,60%), 60 (46,25%) y 30 (45,78%) días respectivamente. En este estudio se concluye que la mejor degradación *in situ* de la MS y tasa de pasaje se obtuvo con la edad de corte de 45 días.

Palabras claves: degradación ruminal, *in situ*, tasa de pasaje, cánula, bovinos, maní forrajero.

EXECUTIVE SUMMARY AND KEYWORDS

The present investigation was carried out to assess the in situ ruminal degradation of forage peanuts "*Arachis pintoi*" at different cutting ages in bovines, for which four bulls of 26 months of age with a weight of $350,3 \pm 35,2$ kg were used, provided with a ruminal cannula. In situ ruminal DM degradation was determined using the nylon bag technique in the rumen, placing 10g of fodder peanut sample (30, 45, 60.75 and 90 days of cut) previously dried and sieved into particles of 2 mm. After completing the incubation time (0, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours) the bags were removed from the rumen, washed and placed in an oven at 60 °C until a constant weight was obtained. The best coefficients of in situ MS digestibility were obtained in: zero hour (29,86%), hour 6 (35,89%) and hour 12 (40,62%) with the age of cut 30 days; 48 hours with cutting ages 45 (81,48%) and 60 (79,56%) days; 72 hours with cut-off ages 45 (84,18%), 60 (82,40%) and 75 (81,81%) days; 96 hour (85,91%) with the cut age 45 days. At hour 24 there was no significant effect ($p < 0,05$) between the cutoff ages. The highest rates of passage ($p < 0,05$) were obtained with the cut-off ages 45 (47,60%), 60 (46,25%) and 30 (45,78%) days respectively. In this study it is concluded that the best in situ degradation of MS and passage rate was obtained with the cut age of 45 days.

Key words: ruminal degradation, in situ, rate of passage, cannula, cattle, fodder peanut.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación.	3
1.2. Formulación del problema.	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general.	3
1.3.2. Objetivos específicos.	3
CAPITULO II.....	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.	4
2.1. Maní forrajero (<i>Arachis pintoii</i>).	4
2.2. Adaptabilidad.	4
2.3. Fijación de nitrógeno.....	5
2.4. Aporte de proteína degradable.	5
2.5. Degradabilidad de nutrientes en fabáceas.....	5
2.6. Mejora en respuesta animal.....	6
2.7. Degradación ruminal.	6
2.8. Fermentación ruminal.	7
2.9. Digestibilidad ruminal.....	7
2.10. Los microorganismos ruminales.	7
CAPÍTULO III	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	10
3.1. Localización.	10
3.2. Tipo de investigación.	10
3.3. Métodos de la investigación.....	11
3.3.1. Muestras vegetales y tratamientos.....	11
3.3.2. Animales.....	11

3.3.3. Degradación de MS.....	11
3.4. Diseño experimental.....	13
3.5. Factores de estudio	13
3.5.1. Variables dependientes.....	13
3.5.2. Variable independiente.....	13
3.6. Recursos humanos y materiales	13
3.6.1. Recursos humanos	13
3.6.2. Recursos materiales	13
CAPÍTULO IV.....	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
CAPITULO V	17
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
5.1. Conclusiones	17
5.2. Recomendaciones.....	17
CAPITULO VI.....	18
6. BIBLIOGRAFÍA.....	18
CAPITULO VII.....	23
7. ANEXOS.....	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del maní forrajero (<i>Arachis pintoi</i>) de 50 días de edad en condiciones Amazónicas.	4
Tabla 2. Clasificación de las principales especies de bacterias del rumen según el tipo de sustrato que fermentan o degradan.	9
Tabla 3. Horas de introducción de las bolsas de nylon con las muestras.	12
Tabla 4. Degradación ruminal <i>in situ</i> de la MS del maní forrajero (<i>Arachis pintoi</i>) hasta los 90 días de corte.	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del CIPCA.	10
-------------------------------------	----

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La deficiencia alimentaria y la crisis socio económica de los países de América Latina han creado diversas estrategias para la alimentación animal con el fin de extender su producción y satisfacer necesidades, las leguminosas han sido uno de los principales protagonistas, considerando su alto valor de proteína y su excelente valor nutritivo; existen varias especies con potencial forrajero, destacándose las que integran la familia Fabaceae por su buena producción de biomasa, fijación de nitrógeno, recuperación de suelos degradados y su naturaleza multipropósito dentro de los sistemas de producción (García y Medina, 2006).

Asumiendo las propiedades y beneficios de las leguminosas para la ganadería tropical, es importante conocer las particularidades nutritivas y su aceptabilidad por parte de los rumiantes (Barros *et al.*, 2017). La característica de los rumiantes se desempeña en función del valor nutricional de la dieta que se administra. El valor de la dieta es determinante para tener altas o bajas poblaciones microbianas en el rumen, asimismo, determinará la capacidad para degradar carbohidratos estructurales como la celulosa, hemicelulosa y compuestos tóxicos, y se establece el límite de fermentación ruminal (Tan *et al.*, 2011).

El sistema de alimentación en rumiantes basado solamente en gramíneas da inicio a una deficiente respuesta animal y la presencia de indicadores productivos y reproductivos deficientes. Debido a su insuficiente aporte de proteína y energía lo que da comienzo a un desbalance nutrimental afectando las funciones del rumen (Galindo *et al.*, 2007).

Por otra parte, las fabáceas forrajeras dentro de la dieta de los rumiantes, desempeñan un papel muy importante debido a la mayor disponibilidad de compuestos como amoniaco, aminoácidos y péptidos, así como ácidos grasos de cadena corta ramificados, los cuales se producen como resultado de la degradación de las proteínas, favoreciendo a la degradación de la fibra ya que es un activador del crecimiento de muchas bacterias ruminales, especialmente las celulolíticas formando una mayor fuente de nutrientes para los procesos metabólicos que lleva a la deposición muscular (Barros, Sólorigo, Sandoval, 2016).

La degradación de materia seca es una técnica que permite una valoración más rápida de la degradación de los alimentos durante el proceso, una parte de los carbohidratos estructurales pueden ser hidrolizados, fermentados y degradados por microorganismos ruminales, lo que permite aprovechar los ácidos grasos y el amoníaco, así como una porción de la proteína dietética, por otra parte, también los microorganismos ruminales aportan proteínas y aminoácidos que son asimilados en el tracto digestivo como proteína de origen microbiano (Brum, Carro, Valdés, González y López, 1999; Giraldo, Gutiérrez y Rúa, 2007).

En la Región Amazónica Ecuatoriana existe el maní forrajero (*Arachis pintoi*), se conoce por la literatura que esta especie, posee un aceptable contenido de nutrientes y compuestos secundarios por lo que se presenta como una alternativa de alimentación, con el fin de optimizar la fermentación ruminal, encaminadas a mejorar la eficacia en el rendimiento productivo de los animales (Barros *et al.*, 2017).

1.1. Problema de investigación.

El escaso conocimiento de las edades de corte del maní forrajero (*Arachis pintoï*) y su degradación ruminal en los sistemas de crianza de bovinos de la provincia de Pastaza, ha provocado que no se utilice de forma adecuada para incluirlos en la dieta, conduciendo a un bajo desarrollo y producción de los animales.

1.2. Formulación del problema.

El desconocimiento de la edad de corte y de la degradación *in situ* del maní forrajero ha provocado que no se utilice de forma adecuada en la dieta de los bovinos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

- Valorar la degradación ruminal *in situ* del maní forrajero “(*Arachis pintoï*)” a diferentes edades de corte en bovinos.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar la cinética de degradación *in situ* de la materia seca (MS) en bovinos a los 30, 45, 60, 75 y 90 días de corte del maní forrajero (*Arachis pintoï*).

CAPITULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1. Maní forrajero (*Arachis pintoi*).

El maní forrajero (*Arachis pintoi*) es una fabácea con un alto potencial proteico con su hábito de crecimiento estolonífero, debido a su ambiente de adaptabilidad a altas temperaturas y humedad que se utiliza en la alimentación de los animales. En Sudamérica se han diagnosticado la existencia de dos cultivares: *A. pintoi* 17434 y *A. pintoi*18744. El género *Arachis* es nativo de América del Sur (Villarroel, 2006). En la Tabla 1 se observa la composición química del maní forrajero (*Arachis pintoi*).

Tabla 1. Composición química del maní forrajero (*Arachis pintoi*) de 50 días de edad en condiciones Amazónicas.

Nutriente	Contenido
Materia Seca (%)	93,26
Materia Orgánica (%)	93,94
Energía Bruta (Mcal/kg)	4405,50
Energía Metabólica (Mcal/kg)	2,50
Energía Digestible (Mcal/kg)	3,06
Humedad (%)	6,74
Ceniza (%)	6,51
Extracto Eterio (%)	4,02
Proteína Bruta (%)	23,06
Fibra Bruta (%)	21,95
Extracto Libre de Nitrógeno	46,48

Fuente: (Andrade, Velázquez y Vargas, 2014)

2.2. Adaptabilidad.

El *Arachis pintoi* se adapta mejor en alturas entre 0 y 1800 msnm, con una precipitación anual entre los 2000 y 3500 mm, con un período seco de más de 4 meses, pierde sus hojas y estolones por desecamiento luego en el siguiente período de lluvias se presentan rebrotes y nuevas plantas emergidas del banco de semillas que se encuentra en el suelo, incluso en asociaciones con otras plantas en zonas de trópico húmedo con precipitaciones hasta de 4500

mm anuales se ha comportado adecuadamente consiguiendo una buena adaptación y desarrollo de forraje (Argel y Villarreal, 1998).

2.3. Fijación de nitrógeno.

Las leguminosas muestran una característica muy importante que es la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico. El maní forrajero (*Arachis pintoi*) fija entre el 53 a 58% de su contenido de nitrógeno total siendo capaz de establecer relaciones simbióticas con bacterias del género *Rhizobium* (Rocha, 2005). La asociación del maní forrajero con fabáceas agranda la capacidad de fijación de nitrógeno; en el caso de la asociación con poaceas; se reportan valores de 80% de nitrógeno debido principalmente a la relación de competencia que no tiene cuando se la cultiva sola (Bourrillon, 2007).

Según (Nieto, 2004) la asociación del maní forrajero (*Arachis pintoi*) con una poacea ayuda a tener un mayor beneficiario para el animal que consume este pasto por su mayor disponibilidad de proteína, así como también, se reporta la mejora de potreros cuando el maní forrajero supera el 20% de la asociación.

2.4. Aporte de proteína degradable.

Las estimaciones de maní forrajero (*Arachis pintoi*) en el trópico húmedo como banco de proteína, aportan entre el 13 y 25% de proteína cruda (PC), la digestibilidad de la materia seca puede llegar de 60 al 70%. En un estudio realizado por Caicedo y Cunuhay (2007) mostraron una alta degradabilidad del maní forrajero (*Arachis pintoi*) al cuantificar los contenidos de amoníaco (NH₃) amoniacal con valores entre 315 y 237 mg/L en líquido ruminal.

2.5. Degradabilidad de nutrientes en fabáceas.

La degradación de las fabáceas va de la mano con la acción de los microorganismos existentes en el rúmen, al degradar los carbohidratos aportan energía a los microorganismos y al rumiante para su correcto funcionamiento. El primer paso para degradar la fibra es la adhesión de los microorganismos a la pared celular para así asegurar que los microorganismos pasen mayor tiempo y asociarse con las partes más indigestibles de las partes vegetales, las bacterias son las primeras en colonizar toda estructura vegetal, principalmente bacterias celulolíticas, dando paso a la colonización de protozoos y hongos

con ello penetrar a distintas estructuras inaccesibles por las bacterias del rúmen (Rotger, 2005).

2.6. Mejora en respuesta animal.

La implementación de maní forrajero (*Arachis pintoi*) dentro de la alimentación animal ha generado buenos resultados en cuanto al incremento de peso de los animales. El maní forrajero (*Arachis pintoi*) puede ser suministrado en diferentes formas como bancos de proteína, corte y acarreo, además se puede asociar con distintas poáceas en los sistemas de pastoreo (Bourrillon, 2007).

2.7. Degradación ruminal.

La digestión de los alimentos que consumen los rumiantes se lleva a cabo por distintas fases que se producen dentro de las secciones del conducto gastrointestinal. Los procesos se unen a la fermentación del alimento con la ayuda de los microorganismos en el rumen, hidrólisis ácida y degradación de enzimas en el abomaso y fermentación en ciego e intestino grueso.

El lugar de la degradación es el rúmen, en la cual todos los alimentos son retenidos por distintos tiempos y periodos por lo que el alimento está sometido a una larga fermentación microbiana sin la presencia de oxígeno es decir bajo condiciones anaeróbicas (Mizrahi, 2013).

De esta manera la alimentación de los rumiantes se basa en la simbiosis que forman los microorganismos ruminales y el huésped, coexistiendo una habilidad gástrica para generar energía a partir de alimentos fibrosos, siendo más eficiente que en la mayoría de herbívoros. El rúmen genera un sin número de atributos, uno de ellos es crear un medio de cultivo inquebrantable para el microbiota, esto ayuda a tener y conservar un pH óptimo para el rúmen y debe oscilar entre 6,2 y 7,0 (Calsamiglia y Ferret, 2002).

Otra especialidad del rumen es tener una temperatura constante entre 38 y 42 °C, siendo el requerimiento óptimo por el metabolismo corporal a la vez producido por una adecuada fermentación ruminal. Una característica primordial es la humedad del rumen formada por la abundante agua de la bebida, salivación y alimentación. A la vez se mantiene un medio con carencia de oxígeno (anaerobio) siendo el resultado del rápido ingreso de oxígeno al rúmen (Ruilova, 2017).

2.8. Fermentación ruminal.

El rumen es el lugar donde se lleva a cabo la fermentación de los alimentos ingeridos, es importante recalcar que el rúmen no es un órgano glandular por lo que no tiene la capacidad de almacenar enzimas digestivas, de tal manera que la acción digestiva está a cargo de las bacterias, protozoos y hongos que habitan en el rumen. La utilidad de estos microorganismos argumenta que de cada 15 kg de materia seca (MS) consumido por el animal, 10 kg son degradados y fermentados por los microorganismos. La presencia de todos estos microorganismos permite cubrir un 100% sus requerimientos energéticos, partiendo de carbohidratos estructurales como celulosa y hemicelulosa, asimismo, aprovechar todas las fuentes de nitrógeno no proteico (urea, amoniac) para satisfacer necesidades de proteína (Arelovich, 2008).

2.9. Digestibilidad ruminal.

La digestibilidad se refiere a la cantidad de alimento que se degrada en el tracto digestivo o en un simultaneo proceso de laboratorio debido a la solubilización o acción de los microorganismos anaeróbicos ruminales (Araiza *et al.*, 2013).

Se puede interpretar que la digestibilidad de un alimento es la proporción del alimento que no es parte de la excreta como heces, se asume que ha sido absorbida y asimilada. La digestibilidad de los forrajes dependerá del estado de madurez de la planta, ya que a medida que tiene mayor maduración, existe mayor impregnación de lignina y cutina, convirtiéndolos en menos digestibles (Ruilova, 2017).

2.10. Los microorganismos ruminales.

Los microorganismos están concentrados en poblaciones que viven en el rumen en anaerobiosis como bacterias, protozoarios y hongos los cuales utilizan proteína degradada, suministrando amoniac para la asimilación de la fibra y síntesis de proteína microbial. Los organismos de crecimiento lento (hongos y protozoarios), para reproducirse requieren persistencia prolongada del alimento dentro del rumen (48 a 72 h), de esta manera se mantiene la concentración de las poblaciones microbianas en la cual aproximadamente el tiempo de multiplicación para los protozoarios es de 5-14 h y de los hongos 24-30 h; esto se debe a la variedad de diversidad de estructuras orgánicas presentes en la biomasa ruminal.

Para la fermentación se requiere de un amplio grupo de microorganismos; entre ellos los metanogénicos, ya que son los que catabolizan un determinado número de sustratos. De esta manera el complejo de microorganismos convierte los carbohidratos, proteínas y lípidos en fragmentos de menor peso molecular, y estos son utilizados por bacterias acetogénicas, (productoras de H) para crear acetato e H y CO₂; estos son utilizados por los metanogénicos (Cárdenas y Flores, 2012).

La eficiencia del crecimiento bacteriano está directamente relacionada con la dilución de las bacterias o del contenido ruminal. Por lo tanto, las bacterias en el rumen están agrupadas a los sólidos alimenticios, al líquido y la pared ruminal; de esta manera la tasa de crecimiento bacteriano está relacionada a la tasa de dilución del líquido ruminal. La clasificación de las bacterias puede estar en base a la función de los productos, sustrato que utilizan y sus requerimientos nutricionales; se puede encontrar en microorganismos que degradan celulosa, hemicelulosa, almidón, azúcares, ácidos intermedios, proteína, pectina o lípidos, se puede apreciar en la Tabla 2 (Sánchez, 2016).

Tabla 2. Clasificación de las principales especies de bacterias del rumen según el tipo de sustrato que fermentan o degradan.

Principales especies celulolíticas.	Principales especies proteolíticas.
Fibrobacter succinogenes	Ruminobacter amylophilus
Ruminococcus flavefacins	Prevotella ruminicola
Ruminococcus albus	Butyrivibrio fibrisolvens
Butyrivibrio fibrisolvens	Streptococcus bovis
Principales especies hemicelulolíticas	Principales especies utilizadoras de lípidos
Butyrivibrio fibrisolvens	Anaerovibrio lipoytica
Prevotella ruminicola	Butyrivibrio fibrisolvens
Ruminococcus sp.	Treponema bryantii
	Eubacterium sp.
	Fusocillus sp.
	Micrococcus ep.
Principales especies pectinolíticas	Principales especies productoras de metano
Butyrivibrio fibrisolvens	Methanobrevibacter ruminantium
Prevotella ruminicola	Methanobacterium formicicum
Lachnospira multiparus	Methanomicrobium mobile
Succinivibrio dextrinosolvens	
Treponema bryantii	
Streptococcus bovis	
Principales especies amilolíticas	Principales especies productoras de amoniaco
Ruminobacter amylophilus	Prevotella ruminicola
Streptococcus bovis	Megasphaera elsdenii
Succinomonas amylolytica	Selenomonas ruminantium
Prevotella ruminicola	
Principales especies utilizadoras de azúcares	Principales especies ureolíticas
Treponema bryantii	Succinivibrio dextrinosolvens
Lactobacillus vitulinus	Selenomonas sp.
Lactobacillus ruminus	Prevotella ruminicola
	Ruminococcus bromii
	Butyrivibrio sp.
	Treponema sp.

Fuente: (Sánchez, 2016)

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización.

El trabajo de campo se realizó en las instalaciones del Centro de Investigaciones, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) perteneciente a la Universidad Estatal Amazónica (UEA) el cual está ubicado en el cantón Carlos Julio Arosemena Tola, a 44 km de la vía Puyo -Tena en la provincia de Napo a una altitud promedio de 875 m.s.n.m., 01°18'00" de latitud Sur y 77°52'59,88" de longitud Oeste junto a la desembocadura del río Piatúa y Anzu, cuenta con un clima cálido húmedo, precipitaciones anuales de 4000 y 5000 mm, humedad relativa del 80% y una temperatura promedio de 24 C°, como espacios importantes para ejecutar estudios de los recursos amazónicos (CLIMATE-DATA-ORG, 2017).

El CIPCA ocupa una extensión de 2848,20 ha y está limitada por: Norte: Varios poseionarios de terrenos; Sur; Río Piatúa; Este: Río Anzu; Oeste: Río Yayayaku, Figura 1.



Figura 1. Ubicación del CIPCA.

3.2. Tipo de investigación.

La investigación es experimental, en la cual se aplicó un diseño completamente aleatorizado para determinar la degradación de (MS) en el *Arachis pintoi*.

3.3. Métodos de la investigación.

3.3.1. Muestras vegetales y tratamientos.

Se trabajo con el forraje de maní forrajero (*Arachis pintoi*), que se encuentra establecido en parcelas en el CIPCA. La biomasa (planta) se cortó a diferentes edades (30, 45, 60, 75 y 90 días) a una altura de 5 cm del suelo (Fotos, 1 y 2), se colecto 30 kg de materia fresca inmediatamente se realizó la deshidratación exponiendo bajo techo por 72 horas, se procedió a secar en un secador mecánico luego en un molino de martillo (Fotos, 3 y 4) y finalmente fue tamizado cada una de las muestras a un tamaño de partícula de 2 mm (Fotos, 5 y 6).

3.3.2. Animales.

Se utilizo cuatro toros de 26 meses de edad con un peso de $350,3 \pm 35,2$ kg, provistos de una cánula ruminal (cuatro pulgadas de diámetro interno, Bar Diamond, Parma, Idaho, EEUU). Los animales fueron alojados en corrales individuales (estabulados), se les alimento por siete días, tres días antes y durante el experimento (4 días), con una dieta a base de leguminosas y gramíneas y se les proporciono agua *ad libitum* (Fotos, 13 y 14).

3.3.3. Degradación de MS.

Se realizó mediante el método de la bolsa de nylon descrita por (Ørskov, Hovell y Mould, 1980) utilizando animales fistulados con una cánula en el rúmen.

Degradación de la MS *in situ*: se realizó mediante las bolsas de nylon donde fueron enumeradas y separadas en grupo para proceder a introducir en una estufa a 60 C° (Foto, 7 y 8) durante una hora luego se procedió a retirar las bolsas con la ayuda de unas pinzas a un desecador en el cual permanecieron por 15 min y para finalizar se realizó el pesaje de cada bolsita en una balanza de precisión (ohaus, capacidad $2000g \pm 0,0001g$) y se registraron los datos (Fotos, 9 y 10).

Las muestras del forraje (*Arachis pintoi*) fueron pesadas en un crisol con una balanza de precisión para llenar en las bolsitas de degradación, previamente enumeradas, con 10g de las diferentes muestras para sellarlas con ligas plásticas (Fotos, 11 y 12).

En el proceso de incubación se incubaron una bolsita de cada tratamiento (5 bolsas), en el rumen de cada uno de los animales fistulados (4 animales) mediante una malla de nylon la cual fue sujeta con un cordón que permanecerá en la parte externa de la cánula; los tiempos de incubación fueron 0, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas (Fotos, 16, 17 y 18).

Cabe recalcar que se empezó desde la hora 96 y cada 24 horas se fue introduciendo 5 bolsas con las muestras en cada toro (4), hasta completar todos los tiempos de incubación como se observa en la Tabla 3, al final en la hora cero se procedió a retirar todas las bolsas recolectadas en la malla (Fotos, 19 y 20) se lavaron en una lavadora eléctrica donde también se puso las bolsas de incubación de la hora 0 (Fotos, 21 y 22) para ver el porcentaje de pérdida de MS en el lavado y se procedió al secado en una estufa a 60 °C hasta obtener un peso constante, luego se registraron los pesos (Fotos, 23, 24 y 25).

Tabla 3. Horas de introducción de las bolsas de nylon con las muestras.

Tiempo de incubación	Día	Hora	Muestras	Toros	Total, de muestras
96	Viernes	09:00 am	T1, T2, T3, T4, T5.	4	20
72	Sábado	09:00 am	T1, T2, T3, T4, T5.	4	20
48	Domingo	09:00 am	T1, T2, T3, T4, T5.	4	20
24	Lunes	09:00 am	T1, T2, T3, T4, T5.	4	20
12	Lunes	21:00 pm	T1, T2, T3, T4, T5.	4	20
6	Martes	03:00 am	T1, T2, T3, T4, T5.	4	20
0	Martes	09:00 am	T1, T2, T3, T4, T5.	No se incubo.	140

Los porcentajes de degradación de la MS se calcularon mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ degradabilidad} = \frac{\text{Cantidad inicial (g)} - \text{cantidad residual (g)}}{\text{cantidad inicial (g)}} * 100$$

Los datos se ajustaron a la ecuación: $Y = a + b(1 - e^{-ct})$ Donde:

Y = Porcentaje de degradación acumulada en el tiempo t, %.

a = Intercepto de la curva de degradación cuando t = 0 (de - gradabilidad inicial, %).

b = Fracción degradada por acción de los microorganismos (degradación máxima, %).

c = Tasa de degradación, % h⁻¹. t = Tiempo de incubación en el rumen, horas.

e = Base de los logaritmos naturales (Ørskov y McDonald, 1979).

3.4. Diseño experimental.

Los datos de degradabilidad ruminal se analizaron mediante un diseño completamente aleatorizado con 5 edades de corte y 7 horas de incubación. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Duncan con ($P < 0,05$), todos los datos se analizaron utilizando el programa SPSS versión 22.

3.5. Factores de estudio.

3.5.1. Variables dependientes.

Degradación ruminal *in situ* de la MS.

Horas de incubación: 0, 6, 12, 24, 48, 72 y 96.

3.5.2. Variable independiente.

Edades de corte del maní forrajero (*Arachis pintoi*): 30, 45, 60, 75 y 90 días.

3.6. Recursos humanos y materiales

3.6.1. Recursos humanos

Responsable del proyecto de bovinos fistulados (1)

Trabajador encargado del área (1)

Personal que labora en el área de los laboratorios (2)

Estudiantes (2)

Colaboradores (2)

3.6.2. Recursos materiales

Bolsas de nylon Estufa (MD Center) Balanza (Ohaus)

Baldes de plástico Lavadora eléctrica Bandejas de plástico

Desecadores Pinzas de metal Guantes de inseminación

Internet Computadora Materiales de oficina.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 4 se presentan los resultados de degradación *in situ* de la MS de maní forrajero a diferentes edades de corte, donde todas las edades y en los diferentes tiempos hubo diferencia significativa con excepción de la hora 24.

Tabla 4. Degradación ruminal *in situ* de la MS del maní forrajero (*Arachis pintoi*) hasta los 90 días de corte.

HORA	Días de corte del maní forrajero					E.E.	p-valor
	30	45	60	75	90		
0	29,86 ^a	28,31 ^b	26,57 ^c	24,90 ^d	25,37 ^d	0,39	0,0001
6	35,89 ^a	33,69 ^{ab}	33,42 ^{ab}	30,50 ^b	30,80 ^b	1,14	0,0238
12	40,62 ^a	39,95 ^a	37,40 ^{ab}	33,95 ^b	34,20 ^b	1,81	0,0436
24	52,61	57,19	56,16	53,53	53,37	2	0,4431
48	69,79 ^c	81,48 ^a	79,56 ^a	74,50 ^b	72,27 ^{bc}	1,34	0,0001
72	70,92 ^c	84,18 ^a	82,40 ^a	81,81 ^a	76,36 ^b	1,04	0,0001
96	72,21 ^d	85,91 ^a	83,30 ^b	82,51 ^b	77,96 ^c	0,41	0,0001

^{a,b,c,d} Letras distintas en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0,05$) según Duncan.

En la hora cero se observó que la mayor degradación de materia seca (MS) (29.86%) se obtuvo con la edad de corte de 30 días, y difirió significativamente ($p < 0,05$) de los días de corte 45, 60, 75 y 90, la menor degradación se obtuvo con las edades de corte de 75 y 90 días, y difirió significativamente de los días 30, 45 y 60. Esto probablemente esté relacionado a la composición química que presenta la planta, con menor consistencia de la pared celular y con alto contenido de nutrientes de fácil liberación (Rojas, 2007), entre los que se encuentran proteína, grasa y carbohidratos (Filomena, 2006).

En la hora 6 el mayor coeficiente de degradabilidad de MS (35.89%) se obtuvo con la edad de corte del día 30 ($p < 0,05$), sin embargo, no difirió con las edades de corte 45 y 60 días, y la menor degradación se obtuvo con las edades de corte 75 y 90 días, pero no difirió con las edades 45 y 60 días. Esto pudiese estar relacionado con la acción de los hongos que se multiplican rápidamente a partir de la hora 2 y pueden tener invadido todo el tejido vascular de la planta, los hongos invasores corresponden a los géneros: *Caecomyces* (*Sphaeromonas*), *Neocallimastix* y *Piromyces* (*Piromonas*), los cuales llegan a sitios particularmente inaccesible para las bacterias según los estudios de (Galindo y Marrero, 2005), estos penetran fácilmente la pared celular, dando paso a la degradación de carbohidratos estructurales como

(celulosa, hemicelulosa y lignina) facilitando el proceso fermentativo dentro del rumen incluso incrementando la velocidad y tasa de pasaje en la degradación de MS (Silva, 2017).

En la hora 12 se visualizó que la mayor degradación presentó las edades de corte 30 y 45 ($p < 0,05$), y no difirieron con la edad de corte 60 días, sin embargo, difirió significativamente con las edades de corte 75 y 90 días. Esto puede relacionarse a que en las primeras 12 horas se pierden rápidamente los nutrientes tras la acción de las bacterias celulolíticas que se incrustan o adhieren a la pared celular, y en las edades de corte 30, 45 y 60 la planta tiene menos consistencia de la pared celular lo cual favorece a una fácil degradación de la MS (Boschini, 2001).

En la hora 24 no se observó efecto significativo para la degradación de la MS entre las edades de corte (30, 45, 60, 75 y 90) ($p > 0,05$), pero la mayor degradación se obtuvo con la edad de corte 45 días. Esto puede estar relacionado a que en la hora 24 actúan hongos, bacterias celulolíticas y protozoarios ciliados que se encargan de degradar los componentes orgánicos e inorgánicos incrementando la velocidad de digestibilidad hasta en un 9%, en todas las edades (Sodiy, González y Martínez, 2004), en este tiempo se genera una temperatura de 30 a 40 °C y un pH de 5,5 a 7,0, valores que son óptimos para el desarrollo de las comunidades de microorganismos, que ayudan a la conversión de la celulosa, almidón, y otros nutrientes en CO₂, hidrogeno gaseoso, metano y ácidos orgánicos de bajo peso molecular (Quintero, Noguera y Olivera 2017).

En la hora 48 se obtuvo que la mayor degradación de MS (81,48%) y (79,56) presentaron las edades de corte 45 y 60 días, y difirió significativamente con las edades de corte 75, 90 y 30 días ($p < 0,05$), y la de menor degradación se obtuvo con la edad de corte de 30 días. Manotoa (2016), manifiesta una vez que se encuentran bien establecidos los microorganismos en el rumen, existe el accionar de ciertas bacterias que buscan una mejor composición de celulosa y almidón tales como; *Clostridium polysaccharolyticum*, *Ruminobacter amylophilus*. Bourrillon (2007), afirma que en las edades de corte 45 y 60 días no contienen una pared celular rígida y promueven la descomposición de la fibra.

En la hora 72 se obtuvo que la mayor degradación de MS (84,18%) fue con la edad de corte 45 días, seguido por las edades 60 y 75, además, difirió significativamente con las edades de corte 30 y 90 días ($p < 0,05$), y el de menor valor se obtuvo con la edad de corte de 30 días. Este comportamiento posiblemente se debe a que en esta hora aún persisten hongos capaces

de degradar la (celulosa y hemicelulosa) de las paredes celulares de las plantas, además tienen la capacidad de degradar hasta un 16% de lignina, y ayudan a debilitar fácilmente los tejidos de los forrajes. Esto permite el ingreso de bacterias ruminales en el proceso fermentativo para continuar con la degradación de celulosa, *Veillonella alcales-cens* y *Megasphaera elsdenii* (Sosa, Galindo, Aldana, Moreira y González. 2010).

En la hora 96 se puede apreciar el mayor índice de degradación de la MS (85,91%) con la edad de corte 45 días, la cual difirió significativamente con las edades 30, 60, 75 y 90 días, y el menor valor presentó la edad de 30 días. En trabajos realizados por (Leguizamón y Carreño, 2013), manifestaron que los microorganismos degradan los componentes del material fibroso, dentro de los principales microorganismos se destacan los hongos anaerobios que producen *endoglucanasas*, *exoglucanasas* (incluyendo *celobiohidrolasas*) y *glucosidasas*, las cuales actúan para degradar la celulosa, hemicelulosa y lignina.

El menor valor de degradación de MS registrado para la edad de corte 30 días, se debe probablemente a la baja proporción de carbohidratos estructurales (hemicelulosa, celulosa) y no son apetecidos por los microorganismos que se desarrollan en la hora 90 dentro del rumen, similares resultados fueron descritos por (González y Ávila, 2000). Estos microorganismos prefieren alimentos con alto tenor de carbohidratos estructurales, el pasto a la edad de 30 días, no satisface las necesidades de los microorganismos, ocasionando una limitada nutrición y proliferación de la población microbiana, generando deficiencia en la fermentación ruminal y por consiguiente una disminución de la degradabilidad de la MS del pasto (Gallo y Ceballos, 2010).

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La mejor degradación *in situ* de la MS en el maní forrajero se obtuvo con la edad de corte de 45 días el cual puede mejorar el ambiente ruminal incrementando el aprovechamiento del forraje.

La degradación ruminal *in situ* de la MS de maní forrajero fue mayor en los estadios iniciales del forraje día 30 y a la hora 0 con bajo contenido de carbohidratos estructurales.

5.2. Recomendaciones

En las condiciones amazónicas se debe incorporar maní forrajero de 45 días de corte en la dieta de bovinos como alternativa de alimentación, debido a que posee características favorables para mejorar la nutrición y a su vez la función ruminal, con un enfoque sostenible, económicamente rentable y amigable con el ambiente, lo que contribuiría en el mejoramiento de la producción bovina de la región amazónica.

CAPITULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Andrade, V., Velázquez, F. y Vargas, J.C. (2014). Producción de pollos camperos en un sistema de pastoreo a base de maní forrajero (*Arachis pintoi*) en la Provincia de Napo. *Huellas del Sumaco*. 11: 23-26.
- Araiza, R.E., Delgado, L.E., Carrete, C.F., Medrano, R. H., Solís, S. A., Murillo, O.M. y Haubi, S.C. (2013). Degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. *Investigación y difusión científica agropecuaria*. 17(2): 79-96.
- Arelovich, H.M. (2008). Elementos minerales. Su impacto en la fermentación ruminal. *Producción Animal*. 28(3): 235-253
- Argel, P.J. y Villarreal, M.M. (1998). Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje. *Maní Forrajero II (CIAT 18744)*. [sede Web] https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/72003/ARACHIS_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Consultada: abril 1, 2019].
- Barros, R., Oña, R., Mera., Artieda, R., Curay, Q., Avilés, E., Solorio, S. y Guishca, C. (2017). Degradación Ruminal de Dietas a Base de Biomasa Pos-cosecha de *Amaranthus cruentus*: Efecto sobre los Protozoos del Rumen y Producción de Gas in vitro. *Rev Inv Vet Perú*. 28(4): 812-821.
- Barros, R., Solorio, S. y Sandoval, C. (2016). Efecto del consumo voluntario de *Leucaena leucocephala* sobre la degradación ruminal de la materia orgánica en ovinos. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*. 1(1): 25-28.
- Boschini, C. (2001). Degradabilidad in situ de la materia seca, proteína y fibra del forraje de morera (*Morus alba*). *Agronomía Mesoamericana*. 12(1), 79-87.
- Bourrillon, A. (2007). Ventajas y limitaciones para el uso de maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*) en la ganadería tropical. En: XI Seminario Manejo y Utilización de

- Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. *Barquisimeto*. Venezuela. 88-99.
- Brum, B.O., Carro, M.D., Valdés, C., González, J.S. y López, S. (1999). Digestibilidad *in vitro* de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Archivos de zootecnia*. 48(181): 52-60.
- Caicedo, E.F. y Cunuhay, J.A. (2007) Uso de Maní Forrajero (*Arachis pintoi* L.), Caña de Azúcar. (*Sacharum officinarum*), Mar-alfalfa en la alimentación de terneros Gir-Holando en base a los requerimientos nutricionales diarios. (Tesis de grado) Universidad Politécnica Salesianos sede Cuenca. Guasaganda- la mana-Ecuador. 82 p.
- Calsamiglia, S. y Ferret, A. (2002). Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: acidosis y meteorismo. *XVIII Curso De Especialización FEDNA*. 97-115. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Tlos0bmHfx8J:www.montana.com.ar/download/37074/fisi.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec&client=firefox-b-d>.
- Cárdenas, B. y Flores, L.C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. *revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(2): 215-246.
- CLIMATE-DATA-ORG. (2017). Datos Climáticos Mundiales. *OpenStreetMap contributors*, [sede Web] Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-napo/carlos-julio-rosemena-tola-178065/>. [Consultada: marzo 28, 2019].
- Filomena, S.A. (2006). Valores nutritivos del maní forrajero (*Arachis pintoi*) deshidratado en secadores solares. (Tesis de grado). Universidad de Costa Rica. San José. 59 p.
- Galindo y Marrero. (2005). Manipulación de la fermentación microbiana ruminal. *Ciencia Animal San José de las Lajas*. La Habana. 39 (1): 439-448.
- Galindo, J., García, C., Marrero, Y., Castillo, E., Aldana A., Torres, V. y Sarduy, L. (2007). Efecto de la composición del pastizal de *Leucaena leucocephala* con

- gramíneas en la población microbiana ruminal de toros. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 41(2): 145-147.
- Gallo, J. y Ceballos, A. (2010). Manipulación de la fermentación ruminal e implicaciones en el estado nutricional. *Fondo editorial biogénesis*. 46: 67-87.
- García, D. y Medina, M. (2006). Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Trop*, 24(3), 233-250.
- Giraldo, L.A., Gutiérrez, L.A. y Rúa, C. (2007). Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20: 269-279.
- González, L.E. y Ávila, M.L. (2000). Medición de niveles amonio ruminal y su influencia sobre el consumo y degradabilidad con la introducción de nitrógeno no proteico con heno de bajo nivel proteico en animales estabulados. (Tesis de grado). Universidad de los Llanos. Llanos-Villavicencio. 80p.
- Leguizamón, M.F. y Carreño, P.D. (2013) Defaunación ruminal un mecanismo favorable en la eficiencia nutricional de bovinos. (Tesis de grado). Universidad Nacional abierta y a distancia UNAD CEAD –ACACIAS. Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente programa zootecnia. 61p.
- Manotoa, S.C. (2016). Capacidad de defaunación ruminal y mitigación de gases de efecto invernadero: efecto de leguminosas forrajeras arbóreas y arbustivas. (tesis de maestría). Universidad técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 37p.
- Mizrahi, I. (2013). Los procariotas Simbiosis del rumen. Ed. (Heidelberg, S.B.). [archivo en PDF]. Disponible en: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-30194-0_1.
- Nieto, J. (2004). Caracterización nutricional y productiva del material fresco y ensilado de maní forrajero (*Arachis pintoi*) cultivado en asocio con maíz (*Zea mays*) a tres densidades de siembra. (Tesis de maestría). Universidad de Costa Rica. 68 p.

- Ørskov, E.R. y McDonald, I. (1979). The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92:499-503.
- Ørskov, E.R., Hovell F.D.B. y Mould, F. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop Anim Prod* 5(3): 195-213.
- Quintero, M. D., Noguera, R. y Olivera, M.Á. (2017) Digestión de materia seca, proteína cruda y aminoácidos de la dieta de vacas lecheras. *Agronomía mesoamericana*. 28 (2) 341-356.
- Rocha, C. (2005). Capacidad de propagación del *Arachis pintoi* (maní forrajero), bajo pastoreo. *Pasturas tropicales*. 7: 45-47.
- Rojas, A.B. (2007). Ventajas y limitaciones para el uso de maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*) en la ganadería. *Escuela de Zootecnia Costa Rica*. 9: 88-99.
- Rotger, C.A. (2005). Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización energía y proteína en terneros en cebo intensiva. (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Barcelona. 165p [archivo en PDF]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/5667;jsessionid=B94D48DE1E73E5DCB6B754044435B5CA>.
- Ruilova, A. (2017). Efecto del consumo de dietas a base de fruta de pan (*Artocarpus altilis*) sobre la digestibilidad de los nutrientes en ovino. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera Ingeniería Agropecuaria. Ambato – Ecuador. 36 p.
- Sánchez, D.E. (2016). Degradación ruminal de la materia seca y comportamiento productivo de ovinos consumiendo forraje de *chenopodium quinoa*. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias medicina veterinaria y zootecnia. Ambato – Ecuador. 46 p.
- Silva, O.R. (2017). Fermentación Ruminal *in vitro* y cinética de degradación ruminal *in situ* de dietas a base de fruta de pan (*Artocarpus altilis*). (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 46p.

- Sodiy, D.A., González, R.M. y Martínez, S.R. (2004). Efectos de la defaunación sobre la fermentación. *Argentino de Producción Animal*.1(1)2-7.
- Sosa, A., Galindo, J., Aldana, A.I., Moreira O. y González, N. (2010). Efecto de *Aspergillus oryzae* en las poblaciones microbianas del rumen y en los productos finales de la fermentación de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115. *Instituto de Ciencia Animal Cuba*. 44 (4): 365-371.
- Tan, H.Y., Sieo, C.C., Abdullah, N., Liang, J.B., Huang, X.D., Ho. y Y.W. (2011). Effects of condensed tannins from *Leucaena* on methane production, rumen fermentation and populations of methanogens and protozoa *in vitro*. *Animal Feed Science Technology*, 169(3): 185-193.
- Villarroel, H.I. (2016). Utilización de la harina de *arachis pinto*i (maní forrajero) para la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento y engorde. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. 69 p.

CAPITULO VII

7. ANEXOS.



Foto 1. Obtención del maní forrajero (*Arachis pinto*) de las parcelas ubicadas en el CIPCA.



Foto 2. Limpieza de las hojas secas y secado del maní forrajero por 72 horas en las instalaciones de producción avícola.



Foto 3. Utilización del tambor para el secado del maní forrajero.



Foto 4. Utilización de la picadora para triturar el maní forrajero una vez secado.



Foto 5. Tamizado de las muestras de maní forrajero en diferentes tamices hasta obtener partículas de 2 mm.



Foto 6. Obtención y separación de las muestras de maní forrajero según el tamaño del tamizado.



Foto 7. Bolsa de nylon utilizadas en el experimento.



Foto 8. Utilización de una estufa a una temperatura de 60°C para el secado de las bolsas de nylon.



Foto 9. Obtención de cada una de las bolsas de nylon de los disecadores para el pesado con ayuda de pinzas.



Foto 10. Pesado de cada una de las bolsas de nylon en la balanza de precisión con ayuda de unas pinzas.



Foto 11. Llenado de cada una de las bolas de nylon con las muestras de maní forrajero de las diferentes edades de corte.



Foto 12. Amarado de las bolsas de nylon en forma de acordeón con la ayuda de ligas de caucho.



Foto 13. Preparación de los toros en las respectivas jaulas para su debida alimentación.



Foto 14. Alimentación de los toros con el pasto establecido durante toda la etapa del experimento.



Foto 15. Limpieza y desinfección de las cánulas.



Foto 16. Introducción de la bolsa enmallada para el almacenamiento de las bolsas de nylon.



Foto 17. Introducción de las bolsas de nylon con las respectivas muestras de maní forrajero.



Foto 18. Amarado de la bolsa enmallada con las diferentes muestras de maní forrajero para luego proceder a sellar la cánula con su tapa respectiva.



Foto 19. Obtención de la bolsa enmallada en la cual están todas las bolsas de nylon con las muestras de maní forrajero de las diferentes edades de corte.



Foto 20. Balde de plástico con las respectivas bolsas enmalladas obtenidas del rumen de cada uno de los toros.



Foto 21. Colocación de las bolsas de nylon obtenidas del rúmen de los toros, en una lavadora en la cual también se incluye las bolsas de la hora cero.



Foto 22. Lavado de las bolsas de nylon hasta obtener un agua trasparente de la misma que ingresa a la lavadora.



Foto 23. Obtención de las bolsas de nylon después de lavado.



Foto 24. Lavado, sacado de las ligas de cada una de las bosas de nylon y ubicadas en una bandeja plástica.

		TESISTA INVESTIGADORA:		DANIEL ALEJANDRO LOJA ARRI DRA. C. VERÓNICA ANDRADE	
CODIGO	# DE FUNDA	W DE FUNDA	W MUESTRA	W MUESTRA + BOLSA	
T3 M1 96	121	2.2855	10.0480		
T3 M2 96	122	2.2876	10.0804		
T3 M3 96	123	2.2802	10.0865		
T3 M4 96	124	2.2835	10.0427		
T4 M1 96	125	2.2866	10.0947		
T4 M2 96	126	2.2883	10.0488		
T4 M3 96	127	2.2878	10.0310		
T4 M4 96	128	2.2850	10.0790		
T5 M1 96	129	2.2853	10.0653		
T5 M2 96	130	2.2827	10.0648		
T5 M3 96	131	2.2827	10.0889		
T5 M4 96	132	2.2803	10.0240		
T1 M1 22	133	2.2907	10.0473		
T1 M2 22	134	2.2857	10.0583		
T1 M3 22	135	2.2890	10.0263		
T1 M4 22	136	2.2880	10.0804		
T2 M1 22	137	2.2892	10.0450		
T2 M2 22	138	2.2892	10.0808		
T2 M3 22	139	2.2923	10.0200		
T2 M4 22	140	2.2952	10.0846		
T3 M1 22	141	2.2500	10.0367		
T3 M2 22	142	2.2504	10.0193		
T3 M3 22	143	2.2482	10.0297		
T3 M4 22	144	2.2483	10.0856		
T4 M1 22	145	2.2453	10.0866		
T4 M2 22	146	2.2525	10.0686		
T4 M3 22	147	2.2464	10.0240		
T4 M4 22	148	2.2463	10.0715		
T5 M1 22	149	2.2527	10.0340		
T5 M2 22	150	2.2574	10.0736		
T5 M3 22	151	2.2550	10.0706		
T5 M4 22	152	2.2524	10.0554		
T1 M1 48	153	2.2574	10.0755		
T1 M2 48	154	2.2465	10.0538		
T1 M3 48	155	2.2576	10.0400		
T1 M4 48	156	2.2472	10.0455		
T2 M1 48	157	2.2425	10.0752		
T2 M2 48	158	2.2432	10.0794		
T2 M3 48	159	2.2448	10.0303		
T2 M4 48	160	2.2888	10.0707		
T3 M1 48	161	2.2821	10.0465		
T3 M2 48	162	2.2858	10.0825		
T3 M3 48	163	2.2858	10.0741		
T3 M4 48	164	2.2864	10.0142		
T4 M1 48	165	2.2903	10.0502		
T4 M2 48	166	2.2731	10.0094		
T4 M3 48	167	2.2735	10.0617		
T4 M4 48	168	2.2742	10.0201		
T5 M1 48	169	2.2762	10.0204		
T5 M2 48	170	2.2800	10.0304		
T5 M3 48	171	2.2754	10.0054		
T5 M4 48	172	2.2680	10.0450		

Foto 25. Tabulación de los pesos de cada una de las bolsas de nylon con sus respectivas muestras de maní forrajero.