

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



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

**“Cinética de degradación ruminal de harina de forraje de *Erythrina sp* a
diferentes edades de corte, en bovinos en la Amazonía Ecuatoriana”**

AUTORES:

Sandra Lorena Caiza Quito
Wilmer Nolberto Jara Cabrera

DIRECTOR DE PROYECTO:

Dra. C. Verónica Cristina Andrade Yucailla, PhD

PUYO – PASTAZA – ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Wilmer Nolberto Jara Cabrera, con C.I: 1400969547, 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: “Cinética de degradación ruminal de harina de forraje de *Erythrina sp* a diferentes edades de corte, en bovinos en la Amazonía Ecuatoriana”.

.....

Wilmer Nolberto Jara Cabrera

C.I: 1400969547

Yo, Sandra Lorena Caiza Quito, con C.I: 1500903875, 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: “Cinética de degradación ruminal de harina de forraje de *Erythrina sp* a diferentes edades de corte, en bovinos en la Amazonía Ecuatoriana”.

.....

Sandra Lorena Caiza Quito

C.I: 1500903875

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Por medio del presente, Yo, Verónica Cristina Andrade Yucailla, con C.I: 1600484106 certifico que los egresados, Wilmer Nolberto Jara Cabrera y Sandra Lorena Caiza Quito, realizaron el Proyecto de Investigación titulado: “Cinética de degradación ruminal de harina de forraje de *Erythrina sp* a diferentes edades de corte, en bovinos en la Amazonía Ecuatoriana” previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria bajo mi supervisión.

.....

Dra. C. Verónica Cristina Andrade Yucailla, PhD

DIRECTORA DE PROYECTO

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



Urkund Analysis Result

Analysed Document: PROYECTO CAIZA Y JARA.docx (D63165718)
Submitted: 1/29/2020 9:26:00 PM
Submitted By: \${Xml.Encode(Model.Document.Submitter.Email)}
Significance: 7 %

Sources included in the report:

Poro_ DíazVane.docx (D40330644)
Tesis mani forrajero 2019 Final..docx (D54480476)
VANESA URKUND.doc (D49683378)
TESIS CARLOS MIRABA.docx (D14348308)
TESIS JOSE AGUIRRE APA.docx (D62788480)

Instances where selected sources appear:

12

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación titulado: “Cinética de degradación ruminal de harina de forraje de *Erythrina sp* a diferentes edades de corte, en bovinos en la Amazonía Ecuatoriana”, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

.....

Dr. Willan Caicedo Quinche, PhD

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

Dra. María Isabel Viamonte Garcés, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

MSc. Juan Carlos Moyano, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO.

A Rosa Jara mi madre, por inculcarme valores como el respeto, puntualidad y responsabilidad muy importantes en mi vida universitaria, también por el apoyo económico que de una u otra manera ha hecho para que no me falte nada.

A mi padrastro Juan Gaibor por todo el apoyo que le brinda a mi madre, a mis abuelitos Flora y Segundo que siempre me han apoyado, a mis tíos (Luis, Vilma, Ana, Nohemí, Marcelo y Darío), primos (Carlos, Nixon, Bryan, Dayana, Daniela, Luis, Jessica, Eduardo, Ronal, Yajaira, Cristina, Yadiel y Estalin) y hermanos (Paul, Juan, Daniel, Leydi), especialmente a mi hermano Cristian que siempre ha estado en la buenas y malas brindándome un apoyo económico como anímico.

Un grato agradecimiento a mis mejores amigos Lorena, Jeferson y angélica, con quienes he disfrutado cada minuto que hemos pasado juntos, y que hemos estado en las buenas y en las malas, a muchos otros amigos y compañeros que han llegado, permanecen y se han ido a lo largo de mi vida estudiantil, también quiero agradecer a mi novia Katherin que de una u otra manera me ha apoyado.

A todos los profesores que me han compartido sus enseñanzas y conocimientos desde nivelación hasta la culminación de esta carrera.

A la Dra. Verónica Cristina Andrade, por ser mi tutora, 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 los miembros del jurado; Dr. Willan Caicedo, Dra. María Isabel Viamonte y MSc. Juan Moyano quienes con sus conocimientos supieron dirigirme durante la revisión del proyecto de investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradecer primero a Dios quien es el que ha guiado mi camino, por haberme permitido llegar hasta este momento de mi vida, no fue fácil, pero con su bendición estoy más cerca de lograr mi objetivo.

Especialmente le agradezco a mi madre por haberme motivado a superarme sin su apoyo no hubiera empezado a estudiar una carrera profesional.

A mi padre y hermanos quienes continuaron el propósito de mi madre y me apoyaron en mi carrera, económica y moralmente, en los momentos más difíciles estuvieron presentes con una palabra de aliento para continuar.

A mi esposo Paul Mayorga por permitirme seguir estudiando, apoyarme ser un pilar fundamental para obtener este título pensando en un mejor futuro para nosotros.

A la Dra. Verónica Cristina Andrade Yucailla, quien me permitió participar de este proyecto, confiando en mi criterio y responsabilidad para llevar a cabo este proyecto de investigación el 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 los miembros del jurado; Dr. Willan Caicedo, Dra. María Isabel Viamonte y MSc. Juan Carlos Moyano quienes con sus conocimientos supieron dirigirme durante la revisión del proyecto de investigación.

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación les dedico a todas las personas que confiaron en mí y supieron ayudarme de una u otra manera, a aquellas personas que siempre confiaron en mi capacidad para seguir adelante a pesar de las adversidades, en especial le dedico a mi madre Rosa Jara, a mi hermano Cristian Jara a mis abuelitos Flora Cabrera y Segundo Jara.

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 primeramente a Dios, por guiar mi camino y llenarme de bendiciones.

A mi madre Nancy Quito y mi padre Mario Caiza, por apoyarme en todo momento para que inicie mis estudios a pesar de que la situación económica no lo permitía hicieron todo lo posible para que yo estudie.

A mis hermanos, Xavier Caiza, Diego Caiza, Romel Caiza y Doris Caiza, por sus consejos y su apoyo para que no desviara mi atención de los estudios y no tome caminos equivocados.

A mi hijo Sebastián y esposo Paul Mayorga se lo dedico con mucho amor ya que ellos son mi inspiración para superarme y salir adelante afrontado todas las dificultades en busca de un futuro mejor para nuestra familia.

A mis amigos Angélica Andino, Jeferson Juela, Nahomi Chávez y Wilmer Jara con quienes he compartido toda mi carrera universitaria, por todos los momentos que compartimos juntos, alegrías, tristeza, que han fortalecido y consolidado nuestra amistad.

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

La presente investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) con el objetivo de evaluar la cinética de degradación de la harina de forraje de *Erythrina sp* a diferentes edades de corte en condiciones amazónicas en bovinos, para lo cual se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los cuatro toros mestizos tenían 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 10 g de muestra de *Erythrina sp*. de (45, 60, 75 y 90 días de corte) previamente secadas y tamizadas en partículas de 2 mm. Finalizado el tiempo de incubación (0, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas) se procedió a retirar las bolsas del rumen, lavar y colocar en una estufa a 60 °C hasta obtener un peso constante. De acuerdo a los resultados obtenidos se encontró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos estudiados teniendo los mejores porcentajes de degradabilidad de materia seca a la edad de 45 días de corte (74,42), seguido de las edades de 60 y 90 días de corte (62,4 y 58,53) para finalmente encontrarse con los menores porcentajes la edad de corte de 75 días (54,04). Los resultados permiten concluir que la edad de corte de 45 días, obtuvo una mejor degradación de la materia seca (MS) *in situ* de la harina de *Erythrina sp*. y por ende hay una mejor absorción de nutrientes por parte del animal.

Palabras claves: cánula, cinética, degradabilidad, *Erythrina sp*, , materia seca, rumen.

EXECUTIVE SUMMARY AND KEYWORDS

The present investigation was carried out at the Amazon Research, Postgraduate and Conservation Center (CIPCA) with the objective of evaluating the degradation kinetics of *Erythrina sp* forage flour at different ages of cut in Amazonian conditions in cattle, for which was used a completely randomized experimental design with 4 treatments and 4 repetitions. The four mestizo bulls had a weight of 350.3 ± 35.2 kg provided with a rumen cannula. In situ ruminal degradation of MS was determined by the technique of the nylon bag in the rumen, placing 10 g of sample of *Erythrina sp.* of (45, 60, 75 and 90 days of cutting) previously dried and screened in 2 mm particles. After 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. According to the results obtained, significant differences ($P \leq 0.05$) were found between the treatments studied, having the best degradability percentages of dry matter at the age of 45 days of cut (74.42), followed by the ages of 60 and 90 days of cut (62.4 and 58.53) to finally meet the lowest percentages the cutoff age of 75 days (54.04). The results allow us to conclude that the cutting age of 45 days, obtained a better degradation of dry matter (MS) in situ of the flour of *Erythrina sp.* and therefore there is a better absorption of nutrients by the animal.

Keywords: cannula, kinetics, degradability, *Erythrina sp*, dry matter, rumen.

CONTENIDO

CAPÍTULO I	16
1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
CAPÍTULO II	21
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1. Pastos introducidos en la Amazonía ecuatoriana	21
2.2. <i>Erythrina sp.</i>	21
2.2.1. Clasificación taxonómica	22
2.2.2. Fisiología del forraje.....	22
2.2.3. Fijación de nitrógeno.....	22
2.2.4. Adaptación	23
2.2.5. Propagación de la especie.....	23
2.2.6. Principales usos de la <i>Erythrina sp.</i>	24
2.2.8. Composición química de los alimentos.....	25
2.3. Degradabilidad de nutrientes en fabáceas	26
2.4. Respuesta en el animal	26
2.5. Degradabilidad ruminal.....	27
2.6. Cinética ruminal	27
2.7. Proteína microbiana.....	27
2.8. Microorganismos del rumen.....	28
2.9. Fermentación ruminal.....	29
2.10. Fístulas en rumiantes	30
CAPÍTULO III	31
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.1. Localización.....	31
3.1.1. Características edafo-climáticas del área de estudio.	31
3.2. Tipo de investigación.....	32
3.3. Método de investigación.....	32
3.3.1. Recolección de las muestras de <i>Erythrina sp.</i>	32
3.3.2. Análisis de laboratorio.....	33
3.3.3. Manejo de los animales	33
3.3.4. Cinética de degradabilidad	33
3.4. Diseño de la investigación y análisis estadístico.....	34
CAPÍTULO IV	35

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
CAPÍTULO V.....	39
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1. CONCLUSIONES	39
5.2. RECOMENDACIONES	39
CAPÍTULO VI.....	40
6. BIBLIOGRAFÍA.....	40
CAPITULO VII.....	45
7. ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la <i>Erythrina sp.</i>	22
Tabla 2. Clasificación de las principales especies de bacterias del rumen según el tipo de sustrato que fermentan o degradan	28
Tabla 3. Horas de introducción de las bolsas de nylon con las muestras	34
Tabla 4. Composición química a diferentes edades de corte de la <i>Erythrina sp.</i>	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del CIPCA.....	31
Figura 2. Degradación ruminal <i>in situ</i> de la MS de la <i>Erythrina sp.</i> hasta los 90 días de corte	36
Figura 3. Correlación entre el tiempo de fermentación y el porcentaje de degradación de la materia seca	37

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

El crecimiento de la población mundial, sumado al aumento del consumo per cápita de fuentes de proteína animal en las economías emergentes generan un desafío de magnitud para toda la cadena de valor de alimentos, y dentro de ésta, la provisión de carne y leche de bovinos presenta sus propios retos y particularidades (Plaza, 2016). Ecuador tiene la característica que la alimentación utilizada para el desarrollo de la producción bovina se basa generalmente en gramíneas, este tipo de alimentación no es la adecuada para alcanzar un índice de producción elevado, ya que el desempeño productivo de los rumiantes está en función del valor nutricional de la dieta que consumen, por otro lado tiene el reto de llevar a cabo un mejoramiento genético de los hatos ganaderos para que expresen su mayor potencial productivo y reproductivo, además de perfeccionar tecnologías en la crianza de estos animales para que nos permita aprovechar de mejor manera el espacio, tiempo abaratando y reduciendo los costos de producción (Lezcano, Soca y Ojeda, 2012).

En la Amazonía ecuatoriana, al igual que en muchos países se utilizan los pastos naturales como la principal fuente de nutrientes en el ganado para leche o carne. Los sistemas de producción de los rumiantes en las zonas tropicales y subtropicales se basan principalmente en la utilización de pastos y forrajes. Los cuales son afectados por el clima, producto de la presencia de las estaciones lluviosa y la seca, las mismas que inciden directa e indirectamente en la presencia de déficit de disponibilidad y calidad nutricional de las pasturas (Núñez, Ñaupari y Flores, 2019). Esto influye directamente en aspectos relacionados con el manejo productivo, referente al peso, la producción lechera y la reproducción animal, originando con ello la introducción y dependencia cada día más de los suministro de alimentos balanceados (concentrados), elaborados con una alta cantidad de materia prima importada encareciendo los costos de producción en el sector ganadero, sobre todos en los países en vía de desarrollo como el nuestro, donde el déficit de suelos productivos con infraestructura agrícola es alto (Quinteros, Vargas y Barbona, 2017).

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, con el fin de mejorar el nivel productivo y alimentario de los animales, principalmente durante los períodos de escasez de forraje. Muchas de estas especies tienen un valor nutricional superior al de los pastos y pueden producir altas cantidades de biomasa comestible, que son más sostenidas en el tiempo que las de estos, bajo condiciones de cero fertilizaciones (Choque, Huiata y Cárdenas, 2018).

En este sentido, existen especies de plantas como *Erythrina sp.*, que poseen características nutricionales que las convierten en altamente valoradas por su calidad alimentaria. Algunas especies del género *Erythrina* se perfilan entre las más utilizadas, debido a su gran versatilidad: postes vivos para cercas, alimento para el ganado, árbol de sombra y reforestación. El rápido crecimiento de las plantas, la alta producción de biomasa, la fácil propagación por estacas, la capacidad de resistir podas periódicas combinada con una subsiguiente rápida brotación y el desarrollo de vigorosos rebrotes, son características que reúnen algunas especies que hacen de este un género agroforestal muy atractivo (García, 2014).

Los procesos que se desarrollan en el rumen son un punto clave para la valoración nutritiva de los alimentos y la elaboración de dietas equilibradas para los rumiantes, que poseen la capacidad de digerir y fermentar los componentes de los vegetales, debido a la simbiosis entre el animal y el ecosistema que alberga en el rumen. La digestión de los rumiantes es un proceso complejo que involucra múltiples interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero. Separar el proceso en sus distintos componentes permite un mejor entendimiento de su dinámica y facilita su descripción matemática (Manotoa, 2016). Expresiones cuantitativas de la cinética de digestión son necesarias para estimar de una forma más precisa la cantidad de nutrientes digeridos desde los alimentos y las propiedades intrínsecas de éstos que limitan su disponibilidad para los rumiantes (Noguera y Posada, 2007).

Con el propósito de reducir las dificultades en las rutinas de laboratorio y de mejorar la precisión de las pruebas, en los últimos años se han desarrollado un importante número de pruebas *in vitro* e *in situ* (digestibilidad enzimática, producción de gas y la técnica de las bolsas suspendidas en rumen) que permiten estimar la digestibilidad y la dinámica de la degradación ruminal de las fracciones nutricionales de los alimentos, con el fin de estudiar la variación en las respuestas ante cambios en las condiciones ruminales. La interpretación de la cinética de degradación de los alimentos para rumiantes ha tomado especial importancia en los sistemas de suplementación ejemplo de esto es el caso de la materia seca, materia orgánica, proteína entre otros componentes. Para hacer un uso adecuado de los sistemas de suplementación, es necesario tener información acerca de la degradación ruminal de los componentes presentes tanto en el forraje como en el suplemento (Noguera y Posada, 2007).

En base a lo anterior 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 (Choque *et al.*, 2018).

La ganadería bovina en la Amazonía ecuatoriana es una actividad introducida en la década de los sesenta como parte de la última etapa de colonización que tuvo lugar en el país, en este periodo se expandió la frontera agrícola y se desarrolló la industria petrolera, una de las principales actividades agropecuarias que se fomentó en ese momento fue la ganadería, por tanto, la sustitución de bosques por pastos para el ganado fue una práctica habitual, por lo que la producción del sistema de ganadería bovina moderna consiste en incrementar la producción de carne y leche, de forma acelerada y sostenible, y de esta manera garantizar la demanda de la población, además al utilizar los sistemas agro productivos se garantiza la conservación de los recursos naturales, se reduce la contaminación y se obtiene una relación amigable entre el suelo, planta y animal (Ortíz, 2018).

La *Erythrina* se ha desarrollado adecuadamente en tierras bajas tropicales, húmedas y sub húmedas, así como en los bosques ribereños, las cuencas del Orinoco y las tierras altas del amazonas; por lo que en la amazonia ecuatoriana las condiciones edafo-climaticas hacen posible el desarrollo y propagación de esta especie. La *Erythrina sp* tiene un crecimiento y desarrollo rápido y su reproducción se puede dar por la vía sexual y asexual facilitando el manejo y su preservación. Los árboles de la *Erythrina sp* comúnmente en el Ecuador se siembran como árboles protectores de suelos, de cuencas hidrográficas, en la región amazónica no es común utilizarla como alimento para los animales domésticos, debido a que se desconocen los beneficios digestivos y proteicos que aporta este alimento al ganado (Díaz, 2019).

Por tal motivo el objetivo de esta investigación es evaluar la cinética de degradación ruminal de harina de *Erythrina sp* a diferentes edades de corte en bovinos bajo condiciones de la amazonia ecuatoriana.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La falta de conocimiento por parte de los ganaderos sobre los forrajes que pueden ser utilizados como fuente de alimentación, que se adaptan con gran facilidad en la zona, así como la época y tiempo de corte y la degradación ruminal en los sistemas de crianza de bovinos de la provincia de Pastaza y Napo, 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.

¿Cómo influye la edad de corte de *Erythrina sp* en la cinética de degradabilidad ruminal de bovinos?

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo general.

Evaluar la cinética de degradación ruminal de harina de *Erythrina sp* a diferentes edades de

corte en bovinos bajo condiciones de la amazonia ecuatoriana.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar la composición química de la harina de *Erythrina sp.* a diferentes edades de corte (45, 60, 75 y 90 días).
- Determinar la cinética de degradabilidad ruminal de los nutrientes de harina de *Erythrina sp.* en rumiantes a diferentes edades de corte (45, 60, 75 y 90 días).

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1. Pastos introducidos en la Amazonía ecuatoriana.

En la región Amazónica del Ecuador, no se ha logrado alcanzar una producción sustentable en ganadería, debido a las condiciones que se presentan en ella, tales como la precipitación, capa arable y tipos de suelo, en estas condiciones los pastos no pueden desarrollar todo su potencial, algunos de ellos ni siquiera pueden ser introducidos (Guaicha, Fiallos, Jiménez y Usca, 2017).

Por lo general, los potreros en la Amazonia tienen los primeros años rendimientos aceptables, pero luego, debido principalmente a la utilización de monocultivos de gramíneas muy extractivas de nutrientes, y a la falta de reposición de la fertilidad del suelo, la producción disminuye considerablemente. Los ganaderos se ven obligados a ampliar el área intervenida estableciéndose un círculo vicioso de destrucción paulatina de los recursos naturales y de la biodiversidad (Valarezo y Ochoa, 2012).

2.2. *Erythrina sp.*

Es una especie tropical, de 20 a 25 m de altura con diámetro de hasta 50 cm, su corteza es de color pardo-grisácea con espinas, con hojas alternas compuestas de tres folíolos de 5 a 18 cm de largo y de 4 a 13 cm de ancho en forma de rombo; contiene un par de glándulas visibles en el peciolo, sus flores son en forma de racimos densos en los extremos de las ramas y sus colores van de anaranjadas a rojas (Flores, 2016).

La mayoría de las especies del género *Erythrina sp.* son las más utilizadas frecuentemente, como cortina rompe vientos o cercas vivas, alternativa de alimentación para animales y como árbol sombreador en sistemas agroforestales. Su rápido crecimiento, alta producción de biomasa, eficiente reproducción por estaca, rápida brotación después de la poda, son algunas de las características que destacan a este género y lo hacen atractivo para investigaciones futuras (García, 2014).

2.2.1. Clasificación taxonómica.

En la tabla 1 se observa la clasificación taxonómica de la *Erythrina sp.*

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la *Erythrina sp.*

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Faboideae
Tribu:	Phaseoleae
Subtribu:	Erythrinae
Género:	<i>Erythrina</i> L.

Fuente: *Erythrina*, (2019).

2.2.2. Fisiología del forraje.

Generalmente las especies del genero *Erythrina sp.* suelen ser arbustos o árboles, en las ramas jóvenes y en los peciolos se encuentra frecuentemente espinas cónicas. Sus hojas son trifoliadas, las flores pueden aparecer antes o junto a las primeras hojas, son vistosas de diversos colores como rojo, rosada o anaranjadas. Sus semillas también tienen variedad de colores entre ellos el rojo, carmín o marrón y en ocasiones suelen ser blancas, su forma es ovoide (García, 2014).

2.2.3. Fijación de nitrógeno.

Uno de los beneficios de las leguminosas entre las que se destaca la *Erythrina sp* es la capacidad que posee para fijar el nitrógeno atmosférico con ayuda o simbiosis de la *Erythrina sp* y la bacteria *Rhizobium sp* mediante la formación de nódulos desarrollados en la raíz. Esta fijación es excelente en el inicio de las épocas lluviosa mientras que en las épocas secas puede reducirse drásticamente, incluso puede llegar a cero (Escalante, Herrera y Aranguren 1984).

2.2.4. Adaptación.

Las especies de *Erythrina sp.* no requieren de un suelo rico en materia orgánica o de una textura de suelo especial ya que se adaptan y producen en suelos ácidos e infértiles como también pueden encontrarse en suelos encharcados con mal drenaje donde otras especies fijadoras de nitrógeno no pueden desarrollarse así como de la *Erythrina una* especie de fácil manejo (De la Cruz, 2010).

2.2.5. Propagación de la especie.

La propagación se puede dar por estacas y por semillas, se fijan fácilmente en el suelo, el porcentaje de germinación es superior al 85 %, está en dependencia de un adecuado manejo en la preparación del suelo. La precipitación es un factor muy importante, en zonas húmedas es posible plantar todo el año, si el lugar presenta periodos de sequía se recomienda sembrar en la época de lluvia. Se ha establecido para su la siembra, distancia entre plantas de 0,5 y 1 m entre hileras. Una vez establecida la plantación el primer corte se puede realizar a los 12 meses (De la Cruz, 2010).

Es un árbol que prefiere zonas húmedas con lluvias anuales superiores a 1 400 milímetros, cuando se siembra en suelos ácidos es necesario aplicar cal, a pesar que *la Erythrina sp* se desarrolla en suelos sueltos, negros y bien aireados, tiene cierta tolerancia a encharcamientos temporales (Duarte, 2016).

- Por semilla: Se recomienda la utilización de bolsas de polietileno de 25 x 14 centímetros (cm): la posición de siembra de la semilla debe ser con su dorso o espalda hacia arriba y su "ombliigo" o parte cóncava hacia abajo, la germinación de la semilla se inicia a los 11 días de su siembra, el porcentaje de germinación es del 85 %, a los 60 días de haber sembrado la semilla se tiene en vivero una plántula de 40 centímetros de altura lista para llevar al campo.
- Por estaca: Se cortar las estacas de 1 ó 1,20 m de altura y de 3 a 5 cm de gruesas, el corte de la estaca en la base y en la punta debe ser sesgado u oblicuo, la estaca se debe enterrar unos 20 cm y la siembra debe hacerse a más tardar a los 4 días siguientes a su colección.

- Por acodos aéreos: Se seleccionan ramas con un grosor de 3 a 5 cm de diámetro y 80 cm de longitud, sin retirar la rama del árbol, y con una navaja se hace un corte en forma de anillo que, llegando hasta la madera de la rama, tenga un ancho de 1 cm. Se cubre la incisión con paja o musgo húmedo y se coloca un pedazo de plástico transparente, el cual se amarra en los extremos (Duarte, 2016).

2.2.6. Principales usos de la *Erythrina sp.*

Tradicionalmente las especies del género de *Erythrina* se han usado en sistemas agroforestales como en la agrosilvicultura, silvopastoriles, agrosilvopastoriles, en cualquiera de estos casos se ha evidenciado una mejora de la fertilidad del suelo, en América Central se utiliza comúnmente en las plantaciones de café, cacao y plantaciones de pimienta como arboles sombreadores.

El uso más importante que tiene en los sistemas agroforestales es la capacidad que tiene de fijar nitrógeno y la tolerancia que tiene a las podas, este es un aspecto muy importante en la asociación con cultivos. Actualmente se usan las hojas de *Erythrina* como suplemento alimenticio para animales de granja como ganado bovino, ovino, especies menores como los cuyes y aves (Cordero y Boshier, 2014).

2.2.7. Empleo de la *Erythrina* en la alimentación animal.

De la cruz (2012), realizó un estudio para determinar el nivel óptimo de inclusión de la harina de *Erythrina sp.* en raciones de cuyes y sus características productivas. En la fase crecimiento la ganancia diaria de peso (GDP) de cuyes alimentados con forraje y raciones concentradas con diferentes niveles de inclusión de harina de *Erythrina sp.* no presentaron diferencias ($p>0,05$); sin embargo, numéricamente, la GDP, fueron mayores en cuyes alimentados con ración concentrada sin inclusión de harina de *Erythrina sp.* (Tratamiento 0) y con inclusión de 24 % de harina de *Erythrina sp.* (Tratamiento 5) con 11,93 y 11,66 g, respectivamente, comparada a los demás tratamientos donde se observa una ligera disminución de ganancia de peso según aumentan los niveles de inclusión de harina de *Erythrina sp.* en la ración concentrada.

En el periodo total observaron que la ganancia diaria de peso (GDP) en cuyes alimentados con forraje y ración concentrada con inclusión de diferentes niveles de harina de *Erythrina sp.* no mostraron diferencias ($p>0,05$). Numéricamente, la GDP de cuyes, alimentados con ración concentrada adicionada de 6 % de harina de *Erythrina sp.*, (11,00 g), fue mejor comparada a los demás tratamientos.

García (2014), determinó la influencia de los sistemas de alimentación (*Erythrina sp.*; *Erythrina sp.* más concentrado; alimento balanceado), en la performance productiva, económica y sensorial de cuyes, en las fases de crecimiento – acabado, obteniendo ganancia de peso de 325,00, 426,83 y 393,17 g para los tratamientos a base de *Erythrina sp.*, *Erythrina sp.* más concentrado y alimento balanceado respectivamente. En la prueba de comparación de medias de Duncan, la mayor ganancia de peso fue para los animales alimentados a base de *Erythrina sp.* más concentrado, seguido del alimento balanceado (testigo) y del uso exclusivo de *Erythrina sp.* los cuales mostraron diferencia estadística significativa ($p<0,05$) entre tratamientos. En la prueba de Duncan, se apreció diferencia estadística ($p<0,05$) entre los bloques, de animales machos y hembras.

Miraba (2015), evaluó la cinética de degradación y digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz, en cabras criollas en Santa Elena, Ecuador, obteniendo los siguientes resultados, la cinética de degradación de la materia seca del FVHM no presentó diferencias estadísticas significativas a las 0, 3, 6, 9, 12, 24 y 72 horas ($p\leq 0,05$), a excepción de las 48 h donde se obtuvo dos grupos estadísticos ($p\leq 0,05$) entre las soluciones estudiadas, es decir la solución FAO y hoagland son iguales (95,67 y 95,71 %) diferenciándose de la molina (96,28 %). Es necesario indicar que a las 72 h el porcentaje de degradación es alto en todos los tratamientos lográndose un 99,06 % de degradabilidad con la solución la molina; 98,95 con hoagland y 98,91 % con FAO, respectivamente.

2.2.8. Composición química de los alimentos.

Se refiere a sustancias que están presentes en las muestras en determinadas porciones, que se encuentran nutrientes orgánicos y minerales, así como factores o constituyentes que influyen a la disponibilidad de materia seca (MS) que es un parámetro de suma importancia

para fisiología digestiva de los rumiantes. El estómago de los rumiantes está provisto de cuatro compartimentos (rumen, retículo, omaso y abomaso), los alimentos se mezclan con abundantes cantidades de saliva, tanto para la ingestión como para la rumia, los alimentos y el agua ingeridos llegan al rumen donde son parcialmente fermentados, el contenido ruminal está en capas, una inferior (líquida) que contiene partículas de menor tamaño de los alimentos, otra superior y menos acuosa que contiene productos sólidos y la parte gaseosa (Gutiérrez y Barroto, 2015).

Los rumiantes presentan una serie de características en su tracto digestivo que los diferencian del resto de los animales, gracias a lo cual pueden utilizar los carbohidratos celulósicos procedentes de las plantas, los monogástricos no pueden aprovechar estos nutrientes por carecer de las enzimas digestivas capaces de romper las uniones β 1-4 de la glucosa en las cadenas de los polisacáridos estructurales. La utilización de estos alimentos fibrosos es posible, gracias a la existencia de un pre estómago en los rumiantes que constituye una cámara de fermentación continua donde una gran población microbiana, productora de enzimas celulasas, que aprovechan de forma indirecta la energía almacenada en las plantas y las convierte en alimento (carne, leche, etc.) (Wattiaux, 2000).

2.3. Degradabilidad de nutrientes en fabáceas.

Los microorganismos que se encuentran en el rumen son los que hacen posible la degradación de las fabáceas, degradando los carbohidratos que aportan para el correcto funcionamiento del rumen. Para degradar la fibra el primer paso es la adhesión de los microorganismos a la pared celular para así asegurar que los microorganismos pasen mayor tiempo y se asocien con las partes indigestibles de la parte vegetal, las primeras en colonizar toda la estructura vegetal son las bacterias, dando paso a la colonización de protozoos y hongos con ello penetrar a distintas estructuras inaccesibles por las bacterias del rumen (Rotger, 2005).

2.4. Respuesta en el animal.

La composición química del follaje de la *Erythrina sp.*, ha demostrado un alto contenido de materia seca (25,6 %) y proteína total (24,85 %), en base a estos resultados se ha empleado el forraje de *Erythrina sp.* en la alimentación de bovinos, ovinos y caprinos se obtuvo

resultados factibles para el uso en la alimentación animal. Un dato importante es la posición de las hojas dentro de la rama indican el contenido de nutrientes porque disminuye el contenido de proteína y digestibilidad a medida que la hoja es más adulta (De la Cruz, 2012).

2.5. Degradabilidad ruminal.

El conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo; y, por lo tanto, para la formulación de raciones para rumiantes, es decir la degradabilidad se refiere a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos (Rosales, 2013).

2.6. Cinética ruminal.

La cinética *in situ* de degradación ruminal de un alimento se refiere a la cantidad de un sustrato que debe ser degradada por unidad de tiempo a través de la estimación de las tasas de degradación o desaparición de dicha fracción en función del tiempo, es posible clasificar a los alimentos en fácilmente digeribles, de digestión lenta o en indigeribles (Gutiérrez, 2015).

La tasa de pasaje de las partículas de rumen obtiene un resultado importante en el consumo y digestibilidad del animal. La cinética ruminal representa un aspecto muy importante para comprender y en su caso manejar los procesos digestivos del ganado. La separación de los residuos del rumen determina el tiempo disponible para la fermentación y por lo tanto el llenado ruminal y eficiencia en síntesis de proteína microbiana (Miraba, 2015).

2.7. Proteína microbiana.

La proteína microbiana se forma en el rumen a partir del amoníaco producido por la degradación de la proteína degradable en rumen (PDR) e hidratos de carbono fácilmente disponibles como fuente energética. Las proteínas microbianas son las células de bacterias, hongos y protozoarios, que suministran más del 60 % de la proteína total que alcanza el intestino delgado (Quintero, 2017).

2.8. Microorganismos del rumen.

Normalmente en el rumen de un animal adulto se encuentra una variada, densa y activa población de microorganismos, los cuales son los encargados de la degradación del alimento ingerido, al mismo tiempo se encarga de sintetizar proteínas, vitaminas y otros metabolitos útiles en la nutrición del hospedero en este caso el rumiante. En el rumen se alojan diferentes poblaciones de microorganismos entre ellos; bacterias, protozoos, hongos, bacteriófagos y ocasionalmente, levaduras. Estos mantienen estrechas interrelaciones entre sí, tanto sinérgicas como mutualistas (Galindo y Marrero, 2016).

En la Tabla 2 se presenta las diferentes poblaciones de microorganismos que se alojan en el rumen.

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.
<i>Fibrobacter succinogenes</i>	<i>Ruminobacter amylophilus</i>
<i>Ruminococcus flavefacins</i>	<i>Prevotella ruminicola</i>
<i>Ruminococcus albus</i>	<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	<i>Streptococcus bovis</i>
Principales especies hemicelulolíticas	Principales especies utilizadoras de lípidos
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	<i>Anaerovibrio lipoytica</i>
<i>Prevotella ruminicola</i>	<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>
<i>Ruminococcus sp.</i>	<i>Treponema bryantii</i>
	<i>Eubacterium sp.</i>
	<i>Fusocillus sp.</i>
	<i>Micrococcus sp.</i>
Principales especies pectinolíticas	Principales especies productoras de metano
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	
<i>Prevotella ruminicola</i>	<i>Methanobrevibacter ruminantium</i>
<i>Lachnospira multiparus</i>	<i>Methanobacterium formicicum</i>
<i>Succinivibrio dextrinosolvans</i>	<i>Methanomicrobium mobile</i>

Treponema bryantii

Streptococcus bovis

Principales especies amilolíticas

Ruminobacter amylophilus

Streptococcus bovis

Succinomonas amyolytica

Prevotella ruminicola

Principales especies productoras de amoníaco

Prevotella ruminicola

Megasphaera elsdenii

Selenomonas ruminantium

Principales especies utilizadoras de azúcares

Treponema bryantii

Lactobacillus vitulinus

Lactobacillus ruminus

Principales especies ureolíticas

Succinivibrio dextrinosolvens

Selenomonas sp.

Prevotella ruminicola

Ruminococcus bromii

Betyrivibrio sp.

Treponema sp.

Fuente: (Sánchez, 2016).

2.9. Fermentación ruminal.

La fermentación ruminal es la actividad metabólica de los microorganismos presentes en el rumen, estos microorganismos dependen básicamente del rumiante para disponer de las condiciones óptimas para su crecimiento y el rumiante depende de la producción de los productos de fermentación anaeróbica del alimento fibroso que ingiere para cubrir sus propias necesidades nutritivas (Miraba, 2015).

La fermentación de los alimentos que ingiere el animal se lleva a cabo en el rumen, al no ser un órgano glandular no tiene la capacidad de almacenar enzimas digestivas por tal razón la acción digestiva está a cargo de las bacterias, protozoos y hongos que habitan en el rumen. 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, amoníaco) para satisfacer necesidades de proteína que no son fáciles de asimilar en el caso de los monogástricos (Arelovich, 2008).

2.10. Fístulas en rumiantes.

Es una parte fundamental la utilización de bovinos fistulados en el rumen para las investigaciones sobre la composición de las pasturas y el valor nutritivo de las dietas elegidas para animales que se encuentran en pastoreo. Para la evaluación de la calidad de pastos es valiosa la utilización de animales fistulados, es una técnica muy novedosa que se ha ido implementado y desarrollando con éxito en la fistulación de bovinos, caprinos y ovinos utilizados en ensayos de pastoreo (Miraba, 2015).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Localización.

El trabajo se desarrolló en el 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 msnm, 01°18'00" de latitud Sur y 77°52'59,88" de Longitud Oeste junto a la desembocadura del río Piatúa y Anzu, constituidos como espacios estratégicos para realizar estudios de los diferentes recursos en la región amazónica del Ecuador (UEA, 2019).

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.

En la Figura 1 se muestra la localización del lugar donde se realizó la investigación.



Figura 1. Ubicación del lugar de estudio.

Fuente: (UEA, 2019).

3.1.1. Características edafo-climáticas del área de estudio.

El clima en el Cantón Carlos Julio Arosemena Tola provincia de Napo, donde se ubicó la investigación corresponde al Subtropical húmedo. Con temperaturas de 16 a 30 °C, vientos

moderados, humedad relativa aproximada del 60 % y ocasionalmente nublado, su ecología está determinada por flora y fauna típica de la amazonia (componente biótico) y clima, viento, suelo (componente abiótico) precipitaciones promedio de 4000 mm por año.

El orden de suelo que mayoritariamente se encuentra en el cantón, es el Inceptisol y hacia el este por el cauce del río Anzu y el río Jatunyacu tenemos los Entisoles. En cuanto al relieve (en relación con la pendiente) del cantón Carlos Julio Arosemena Tola, predominan los terrenos montañosos (>70 %) localizándose hacia el oeste de dicho cantón, los terrenos colinados (25 – 50 %), ondulaciones moderadas (12 – 25 %) y superficies planas o casi planas (0 – 5 %) se encuentran en la parte central y hacia el este del cantón (Goyes, 2015).

3.2. Tipo de investigación.

La investigación es de tipo experimental, porque se determinó la composición química y la cinética de degradación ruminal *in situ* de la la harina de forraje de *Erythrina sp.* a diferentes edades de corte.

3.3. Método de investigación.

El proyecto de investigación tuvo un método experimental por medio del cual se evaluó los efectos de las variables en estudio como la composición química y la cinética de degradación ruminal *in situ* de la la harina de forraje de *Erythrina sp.* a diferentes edades de corte, y mediante la aplicación de un análisis estadístico se determinó las diferencias entre los tratamientos.

3.3.1. Recolección de las muestras de *Erythrina sp.*

Para la obtención de las muestras se realizó el corte de hojas y ramas terminales a diferentes edades (45, 60, 75 y 90) días.

Las muestras empleadas, se secaron en una estufa a 60 °C durante 72 horas hasta obtener un peso constante (Anexo 1). Una vez secas, las muestras se molieron en un molino de martillos con una criba de 1 mm, las muestras de harina de forraje de *Erythrina sp.* molidas se almacenaron individualmente en frascos de plásticos con tapa, hasta el momento de ser utilizadas.

3.3.2. Análisis de laboratorio.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Experimental Santa Catalina, Cutuglagua, Pichincha, Ecuador para la determinación de proteína bruta (PB: N x 6,25), humedad, cenizas. El fraccionamiento de la fibra se realizó según Van Soest *et al.*, (1991).

3.3.3. Manejo de los animales.

Se utilizó cuatro toros con peso de $350 \pm 35,2$ kg de peso vivo mestizos (Anexo 5), provistos de una cánula ruminal. Los animales estuvieron alojados en corrales individuales y se les alimentó con una dieta a base de maní forrajero (*Arachis pintoi*) y kinggrass (*Pennisetum purpureum*) (Anexo 6), se les proporcionó agua *ad libitum*, mismos que se encontraban en un período de 10 días de adaptación previo al inicio del experimento manteniéndose así hasta el final del trabajo para evitar cambios en la población microbiana del rumen.

3.3.4. Cinética de degradabilidad.

Se evaluó mediante la técnica de la bolsa de nylon en el rumen descrita por Ørskov *et al.*, (1980) (Anexo 2 y 3). En cada toro, una bolsa que contiene en promedio 10 g MS de cada tratamiento se incubó por 0, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas (Anexo 4). Al finalizar las 96 h las bolsas se removieron y se lavó con agua corriente hasta que el agua quede completamente cristalina (lavar en una lavadora de ropa manual) posteriormente al lavado retirar las ligas y secarlas en estufa a 60 °C. Las bolsas empleadas para medir la pérdida por lavado (0 h), no se incubaron en el rumen y sólo se lavaron con agua corriente. Los residuos se almacenaron preferentemente en bolsas de polietileno a -4 ° C hasta su posterior análisis en el laboratorio (análisis de nutrientes) (Anexo 8 y 9).

En la Tabla 3 se observa las horas en las que fueron introducidas las bolsas de nylon con las muestras de *Erythrina sp.* en los toros fistulados.

Tabla 3. Horas de introducción de las bolsas de nylon con las muestras (Anexo 7).

Tiempo de incubación	Día	Hora	Muestras	Toros	Total, de muestras
96	Viernes	09:00 am	T1, T2, T3, T4.	4	16
72	Sábado	09:00 am	T1, T2, T3, T4.	4	16
48	Domingo	09:00 am	T1, T2, T3, T4.	4	16
24	Lunes	09:00 am	T1, T2, T3, T4.	4	16
12	Lunes	21:00 pm	T1, T2, T3, T4.	4	16
6	Martes	03:00 am	T1, T2, T3, T4.	4	16
0	Martes	09:00 am	T1, T2, T3, T4.	No se incubo.	16
Total					112

3.4. Diseño de la investigación y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 4 tratamientos y 4 repeticiones, para describir la cinética de degradación ruminal de harina de *Erythrina sp.* a diferentes tiempos (0, 6, 12, 24, 48, 72, 96 horas) de incubación. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico InfoStat versión 18. Para la determinación de la cinética de degradabilidad se realizó un ANOVA para evaluar las distintas edades de corte y el tiempo de degradabilidad. Además se realizó modelos de regresión para determinar la curva de mejor ajuste.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la Tabla 4, se muestra la composición química de la *Erythrina sp.* a diferentes edades de corte, donde hubo diferencias significativas para ($p < 0,05$). Los mejores porcentajes de proteína (22,77) se obtuvo a los 45 días de edad de corte, y a los 90 días los menores porcentajes (14,53).

Tabla 4. Composición química a diferentes edades de corte de la *Erythrina sp.*

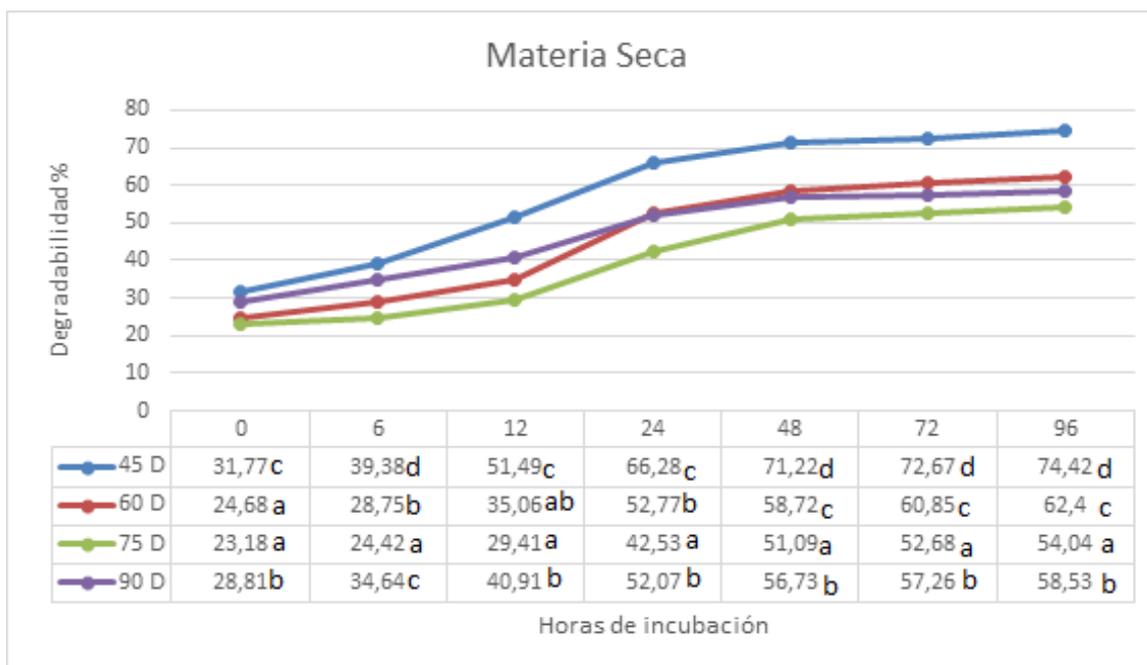
Indicadores (%)	Edad de corte (días)				E.E	Valor p
	45	60	75	90		
Proteína.	22,77 a	20,15 b	18,50 c	14,55 d	0,06	0,0001
Fibra.	19,46 a	25,06 b	28,64 c	31,27 d	0,04	0,0001
Humedad.	10,88 b	10,50 a	10,47 a	10,76 c	0,01	0,0001
Ceniza.	7,46 a	7,57 b	7,83 c	7,95 d	0,01	0,0001

^{abcd} Letras distintas en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0,05$) según Tukey.

El mayor porcentaje de fibra se obtuvo a los 90 días (31,25) y el de menor porcentaje a los 45 días (19,45). Los resultados obtenidos de la humedad en todas las edades de corte no varían, se mantienen en un rango entre 10,45 a 10,87; al igual que en la ceniza se encuentra en un rango entre 7,45 a 7,94.

El contenido de nutrientes de los forrajes evaluados en esta investigación es consistente al reportado por Patiño (2016), quienes mencionan que la cantidad de nutrientes está relacionada con la etapa fisiológica de la planta, así como, la época del año en que se coseche el forraje.

En la Figura 2 se presentan los resultados de degradación *in situ* de la MS de la harina de *Erythrina sp.* a diferentes edades de corte, encontrándose que en todas las horas hay diferencias significativas con respecto a las edades de corte (45, 60, 75 y 90 días).



abcd Letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0,05$) según Tukey.

Figura 2. Degradación ruminal *in situ* de la MS de la *Erythrina sp.* hasta los 90 días de corte.

Para la hora cero se obtuvo una mayor degradabilidad de MS a la edad de corte de 45 días (31,77 %), seguido de las edades de corte de 90, 60 y 75 días. En la hora 6 se encontró diferencias significativas entre las 4 edades de corte, la mejor degradación de MS presentó la edad de corte de 45 días (39,38 %), seguido por edad de corte de 90 días (34,64 %) y finalmente con una menor degradación se encuentran las edades de corte de 60 y 75 días con 28,75 % y 24,42 %, respectivamente.

Para las horas 12 y 24 se encontró que hay una mejor degradación de la MS a la edad de corte de 45 días con 51,49 % y 66,28 %, respectivamente, encontrando diferencias significativas con respecto a las edades de corte de 60, 75 y 90 días; a la vez hubo diferencias significativas entre las edades de corte de 60 y 90 días, y tenemos que la edad de corte a los 75 días es la de menor degradación (29,41 %) para la hora 12 y 42,43 % para la hora 24, sin embargo esta difiere en la hora 24 de las edades de corte de 60 y 90 días mientras que en la hora 12 solo difiere de la edad de corte de 90 días. En las horas 48, 72 y 96 se observó que hay diferencias significativas entre los 4 tratamientos, obteniendo una mejor degradación de MS a la edad de corte de 45 días con 71,22 %, 72,67 % y 74,42 %, respectivamente, seguido de las edades de corte de 60 y 90 días para finalmente estar con una menor degradación la

edad de corte de 75 días cuyos porcentajes son 51,09 %, 52,68 % y 54,04 % para las horas 48,72 y 96, respectivamente.

En la Figura 3 se observa la correlación entre el tiempo de fermentación y el porcentaje de degradación de la materia seca. Para lo cual se ajustan los datos al modelo de regresión cúbica, del cual se obtuvo el mejor ajuste (R^2 cúbico = 0,988) a los 90 días de corte, seguido de la edad de corte de 45 días (R^2 cúbico = 0,976) para finalmente encontrarse las edades de corte de 60 y 75 días con (R^2 cúbico = 0,971 y R^2 cúbico = 0,964), respectivamente.

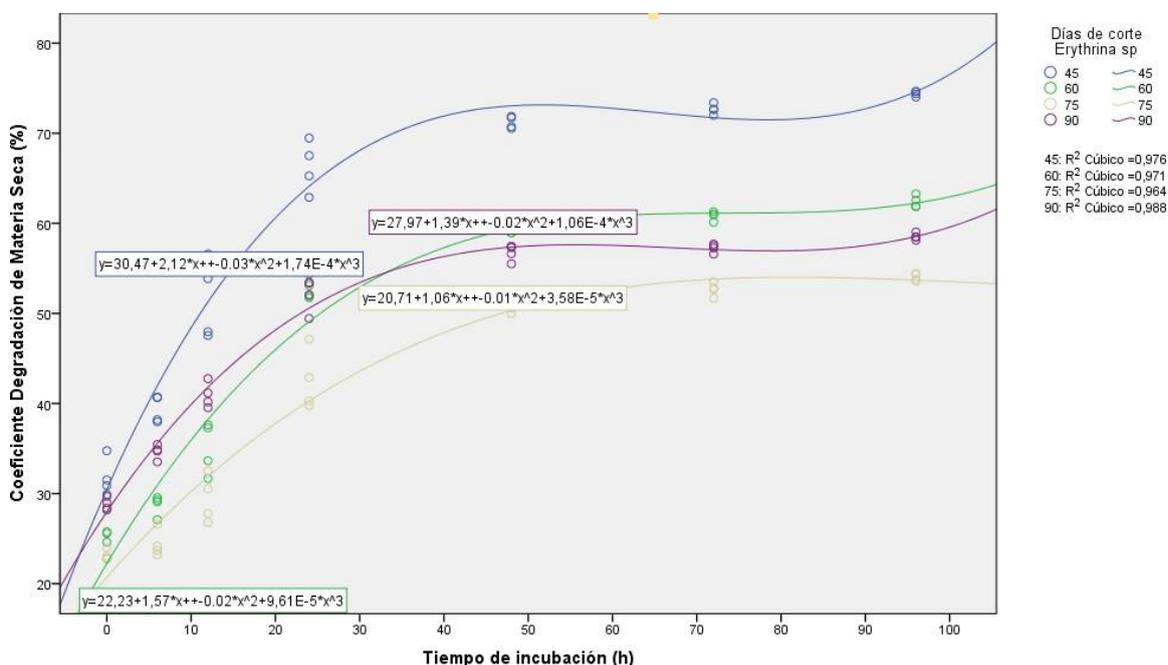


Figura 3. Correlación entre el tiempo de fermentación y el porcentaje de degradación de la materia seca.

Los resultados obtenidos en la cinética de degradación del rumen y digestibilidad fueron posiblemente debido al menor contenido de fibra de *Erythrina sp.* a los 45 días. Con respecto a la menor digestión observada a una edad de corte más alta, probablemente fue debido al envejecimiento de la planta, que puede estar relacionado con la reducción de la síntesis de compuestos proteicos, en comparación con las etapas más jóvenes. Además, a una edad más avanzada disminuye la cantidad de hojas, aumenta la síntesis de carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) y la calidad del forraje disminuye, principalmente debido a un aumento en la lignificación de la pared celular (Herrera, 2004; Valles de la Mora,

Castillo y Bernal, 2016), lo que disminuye la acción enzimática de los microorganismos del rumen (Vallejo, Elghandour, Greiner, Uchenna, Rivas, Barros, y Salem, 2018).

Estos resultados son similares con los reportados por Patiño y Barros (2017) que mencionan que el aumento de fibra en los forrajes reduce la acción de los microorganismos hacia la digestión de la fibra. Al igual que otros investigadores Bolívar e Ibrahim (2005) refieren valores similares de digestibilidad en periodos lluviosos (54,4 %), así mismo los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los encontrados por Andino (2019), al estudiar la cinética de degradación de rumen en la especie *B. decumbens* teniendo una mejor degradación de la materia seca a los 45 días de corte.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

La edad de corte influye en la cantidad de nutrientes que posee el pasto, dependiendo del estado fisiológico de la planta se ha comprobado la diferencia que existe en la composición química a las diferentes edades de corte, obteniendo mejores resultados para las edades de corte de 45 y 90 días.

A la edad de corte de 45 días, se obtuvo una mejor degradación de la materia seca (MS) *in situ* de la harina de *Erythrina sp.* (74,42 %), estos resultados nos indican que las hojas y peciolo de esta especie utilizados a temprana edad tienen un adecuado potencial nutritivo para los microorganismos ruminales y su uso en la dieta para rumiantes como suplemento. Mientras que al incrementarse la edad de corte (60, 90 y 75 días) la degradación de MS *in situ* fue significativamente afectada.

5.2. RECOMENDACIONES.

En la alimentación de los animales bovinos no se debe utilizar la *Erythrina sp.* a edades de corte de 75 días.

Establecer los coeficientes de degradación de la proteína bruta (PB), fibra (FB), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y energía, para conocer la cantidad de nutrientes que son absorbidos por los animales cuando son degradados, también estudiar otras fuentes de biomasa vegetal dado que la zona de la Región Amazónica es rica en pastos y forrajes que no se han incorporado en la alimentación de los animales de granja por desconocer la importancia nutricional que pueden aportar a los animales.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Andino, M., Barros, M., Vargas, J., Andrade, V., Acosta, N., Aragadvay, R. y Mayorga, S. (2019). Efecto de la edad de corte de *Brachiaria decumbens* sobre las funciones del ruminal y producción de gas *in vitro*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22: 803 – 809.
- Arelovich, H. (2008). Elementos minerales. Su impacto en la fermentación ruminal. *Producción Animal*. 28(3): 235-253.
- Barros, M., Rovalino, V., Núñez, O., Mera, R., Artieda, J., Vaca, L., Iraola, J. 2017. Composición química, cinética de degradación ruminal y producción de gas *in vitro* de arvenses con potencial forrajero. *Livestock research for rural development*. 29: 4.
- Cordero, J. y Boshier, D. (2004). *Arboles de Centroamérica: un Manual para el Extensionista*. Oxford-Reino Unido. Oxford University Press España.
- Bolivar, D. e Ibrahim, M. (2005). Solubilidad de la proteína y degradabilidad ruminal de *brachiaria humidicola* en un Sistema silvopastoril con *acacia mangium*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba - Costa Rica, p. 105.
- Choque, H., Huiata, A., Cárdenas, L. (2018). Efecto de la edad de rebrote en la degradación ruminal del Pisonay (*Erythrina sp.*) en el valle interandino de Abancay. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. 20(2): 189 - 202.
- De la Cruz, E. (2012). Inclusión de Diferentes Niveles de Harina de Hojas de *Erythrina fusca* en la Alimentación de Cuyes (*Cavia porcellus L.*) en las Fases de Crecimiento y Acabado, Universidad Nacional Agraria de la Selva Facultad de Zootecnia Departamento Académico de Producción Animal. Perú, (95): 27-28.
- Díaz, E. (2019). Composición química, degradabilidad y cinética ruminal in situ de la caraca (*Erythrina poeppigiana*) en diferentes periodos de corte (Tesis de pregrado). Universidad técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador, p. 55.
- Duarte, L. (2016). Guía para el cultivo y aprovechamiento del Chachafruto o Balú: *Erythrina edulis triana ex micheli*. *Revista sobre el entorno y la naturaleza*. 6: 12-24

- Erythrina, (2019). Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 16:48, noviembre 4, 2019 desde <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Erythrina&oldid=116497308>.
- Escalante, G., Herrera, R. y Aranguren, J. (1984). Fijación de nitrógeno en árboles de sombra (*Erythrina poeppigiana*) en cacaotales del norte de Venezuela. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 19: 223-230.
- Flores, Y. (2016). Clave dendrológica para la identificación de los principales árboles de la región Ucayali. *Revista Scielo*. 14 (3): 19-24.
- Galindo, J. y Marrero, J. (2016). Manipulación de la fermentación microbiana ruminal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39: 439-450.
- García, G. (2014). Uso de la *Erythrina sp.* en los sistemas de alimentación de Cuyes: una alternativa forrajera en la zona de Satipo. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Satipo – Perú, p. 72.
- Goyes, D., Hidalgo, I., López, M. y Luquín, V. (2015). Levantamiento de cartografía temática escala 1:25.000, lote 1. Cobertura y uso de la tierra sistemas productivos zonas homogéneas de cultivo. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP).
- Guaicha, M., Fiallos, M., Jiménez, S., Usca, J. (2017). Evaluación de diez pastos introducidos en la Amazonía ecuatoriana a diferentes edades de corte, en el centro de investigación CIPCA. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, p. 14.
- Gutiérrez, R., Borroto, O. (2015). La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 49(2): 179-188.
- Herrera, R.. (2004) Fotosíntesis en pastos tropicales, contribución a la fisiología, establecimiento, rendimiento de biomasa, producción de biomasa, producción de semillas y reciclaje de nutrientes. Ediciones edica. Ica, la habana. p. 37.

- Lezcano, Y., Soca, M., Ojeda, F. (2012). Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. *Pastos y forrajes*. 35: 275 - 282.
- Manotoa, S. (2016). Capacidad de defaunación ruminal y mitigación de gases de efecto invernadero: efecto de leguminosas forrajeras arbóreas y arbustivas. (Tesis de pregrado). Ambato - Ecuador, p. 48.
- Miraba, C. (2015). Cinética de degradación y digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea maíz*) en cabras criollas en santa elena, Ecuador. (Tesis de pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena facultad de Ciencias Agrarias. Santa Elena –Ecuador. p. 78.
- Molano, M. (2012). Caracterización nutricional de forrajes tropicales. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Colombia. Palmira-Colombia. p. 25-48.
- Noguera, R., Posada, S. (2007). Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20: 174 – 1832.
- Núñez, J., Ñaupari, J., Flores, E. (2019). Comportamiento nutricional y perfil alimentario de la producción lechera en pastos cultivados (*Panicum maximum* Jacq). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1): 178-192.
- Ørskov, E., Hovell, F., Mould, F. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production*, 5(3): 195-213.
- Ørskov, E., 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.
- Ortíz, P. (2018). Efecto de la inclusión de harina de forraje de *Tithonia diversifolia* en la dieta de bovinos mestizos sobre sus parámetros bioproductivos. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara-Cuba. p. 22.
- Patiño, E. y Barros, M. (2016). Rendimiento de forraje de árboles, arbustos y preferencia de consumo en conejos. (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnica de Ambato. Ambato-Ecuador. p. 52.

- Plaza, M. (2016). Estudios industriales. Orientación estratégica para la toma de decisiones. Industria de ganadería de carne. Escuela Superior Politécnica de Litoral. Quito-Ecuador, p. 35.
- Quintero, M., Noguera, R., Angel, M. (2017). Digestion of dry matter, crude protein and amino acids of the diet dairy cows. *Agron, Mesoam.* 28(2): 341-356.
- Quinteros, O., Vargas, J., Barbona, I. (2017). Indicadores metabólicos sanguíneos de genotipos lecheros en pastoreo de la provincia de Napo-Ecuador. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida.* 27(2): 119 - 130.
- 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. p. 165
- Rosales, A. (2013). Segura H. Degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de diferentes formulaciones de ensilados de maíz, manzana adiccionados con melaza. *Avances en Investigación Agropecuaria.* 17(2): 79-96.
- Sánchez, D. (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. p. 46.
- UEA. (2019). Ubicación del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica. Pastaza-Ecuador.
- Valarezo, J., Ochoa, M. (2012). Rendimiento y valoración nutritiva de especies forrajeras arbustivas establecidas en bancos de proteína, en el sur de la Amazonía Ecuatoriana. Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador, p. 12.
- Vallejo, L., Elghandour, M., Greiner, R., Uchenna, Y., Rivas, R., Barros, M. y Salem, A. (2018). Environmental impact of yeast and Tropical and Subtropical Agroecosystems, 22 (2019): 803 – 809
- Valles De La Mora, B., Castillo, E. y Bernal, H. (2016). Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales cosechados a cuatro edades. *Revista mexicana de ciencias pecuarias.* 7: 141-158.

Van Soest, J., Robertson, J., Lewis, A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.

Wattiaux, M. (2000). Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. Wisconsin- Estados Unidos, p. 67.

CAPITULO VII

7. ANEXOS.

Anexo 1. Obtención de muestras.



Anexo 2. Llenado de las muestras de *Erythrina sp.* de las diferentes edades de corte en cada una de las bolas de nylon.



Anexo 3. Amarado de las bolsas de nylon con la ayuda de ligas de caucho.



Anexo 4. Bolsas con muestras de *Erythrina sp.* lista para ser introducidas en el rumen.



Anexo 5. Limpieza del establo.



Anexo 6. Preparación de los toros en las jaulas.



Anexo 7. Colocación de muestras de *Erythrina sp.* dentro del rumen.



Anexo 8. Pesaje de muestras retiradas del rumen después de salir de la estufa.



Anexo 9. Recolección de datos.

