UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

REVISIÓN DOCUMENTADA DE *Erythrina sp.* COMO APORTADOR DE NITRÓGENO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES Y SU APLICACIÓN EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA

AUTOR

Roseanggella Yonela Rivadeneira Espin

DIRECTOR

MSc. Jorge Antonio Freile Almeida

PASTAZA – ECUADOR

2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe Rivadeneira Espin Roseanggella Yonela

C.I. 1400949234, hace constar que es autora del Proyecto de Investigación Trabajo de Integración Curricular titulado: **"REVISIÓN DOCUMENTADA DE *ERYTHRINA SP.* COMO APORTADOR DE NITRÓGENO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES Y SU APLICACIÓN EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA"**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, MSc. Jorge Freile Almeida. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 7 días del mes de Julio del 2021.



Roseanggella Yonela Rivadeneira Espin

CI: 1400949234

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del Trabajo de Integración Curricular aprueba el proyecto de Investigación titulado: "REVISIÓN DOCUMENTADA DE (*Erythrina sp.)* COMO APORTADOR DE NITRÓGENO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES Y SU APLICACIÓN EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA".

Firmado electrónicamente por:
HERNAN ALBERTO
UVIDIA CABADIANA

Dr. Hernán Alberto Uvidia Cabadiana, PhD.
Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
MARIA ADELA
VALDES SAENZ

Dra. María Adela Valdés Sáenz
Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
VERONICA
ISOLINA MASSON
FIALLOS

M.Sc. Verónica Isolina Massón Fiallos.
Miembro del Tribunal

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 168.1-SAU-UEA-2021

Puyo, 29 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a la estudiante: Roseanggella Yonela Rivadeneira Espín, con C.I. 1400949234, con el Tema: **"REVISIÓN DOCUMENTADA DE *ERYTHRINA SP.* COMO APORTADOR DE NITRÓGENO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES Y SU APLICACIÓN EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA"**, de la carrera, Ingeniería Agropecuaria. Director de la investigación, Msc. Freile Almeida Jorge Antonio, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 8%, Informe generado con fecha 27 de julio de 2021por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ITALO MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

AGRADECIMIENTO

Al terminar esta etapa de mi vida, le agradezco infinitamente en primer lugar a Dios y a la Virgen Santísima Purísima de Macas, a mi Ángel en el cielo por ser mi guía, mi fuerza, de todos los días, por darme fortaleza para no decaer ante las dificultades del diario vivir. En general mis más sinceros agradecimientos a todas y cada una de las personas que hicieron posible alcanzar este logro, que no solo es mío sino de todos los que aportaron en este mi camino universitario.

En especial una gratitud enorme por el resto de mi vida a mis padres Digna Espín y Antonio Rivadeneira, por su esfuerzo y apoyo incondicional, por ser un ejemplo para seguir, por impulsarme cada día a seguir adelante, por brindarme su amor incondicional. Gracias a mis hermanos Diego y Kevin por aconsejarme y mostrarme el mejor camino a seguir y gracias a mi hermana Rebeca por ser mi inspiración para seguir adelante, ya que es la luz de mis ojos. Gracias infinitas por su apoyo incondicional para lograr este objetivo a mi compañero de vida Alejandro quien estuvo hay impulsándome día a día siendo testigo del esfuerzo en todo este tiempo de estudio. Miles de gracias a toda mi familia que de una o otra manera me apoyaron durante mi carrera universitaria. Gracias a mis compañeros y amigos por tantos buenos y malos momentos compartidos.

A la Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Tierra y a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria por sus conocimientos y experiencias brindadas durante los años de formación universitaria, un agradecimiento muy especial al MSc. Jorge Antonio Freile Almeida por su apoyo, por acertada dirección, planificación y supervisión en la elaboración de esta tesis. Así mismo a los estimados docentes miembros del tribunal de grado quienes desinteresadamente accedieron a brindar sus valiosos criterios para mejorar la calidad de este estudio.

DEDICATORIA

Con admiración, respeto y amor

En honor a Dios y a la Virgen Santísima Purísima de Macas, a mi Ángel en el cielo y a mis padres Antonio y Digna, quienes con su sabio ejemplo y enseñanza supieron educarme con amor y valores, que me han guiado siempre por el camino del bien y me inculcaron desde pequeña el sentido de la responsabilidad y el esfuerzo para alcanzar mis metas, este estudio es para y gracias a ustedes.

RESUMEN

Las especies arbustivas y forrajeras son plantas, que aportan gran beneficio dentro de los sistemas silvopastoriles, su cultivo es visto como una solución factible para la ganadería con enfoque de sostenibilidad. Se destaca que influyen en la ganadería contribuyendo con la alimentación, también han generado impactos positivos en el ambiente, como lo son la regeneración de los componentes del suelo. La metodología empleada se basó en un estudio documental descriptivo, utilizando una base de datos, la cual se clasificó para llevar a cabo los posteriores análisis. Los resultados obtenidos permitieron en principio determinar los beneficios de estas especies en los Sistemas Silvopastoriles, evidenciando que contribuyen con la restauración de los suelos degradados mediante la integración de estas leguminosas, arbóreas y frutales como lo son la *Erytrina sp.* Concluyendo que la proteína cruda de los forrajes se divide en proteína verdadera y nitrógeno no proteico (NNP); la proteína verdadera de las tres especies, constituyen del 70 % al 90 % del nitrógeno total, el resto está conformado por el NNP soluble y por pequeñas cantidades de nitrógeno lignificado. En varias regiones tropicales y húmedas, como lo es la Amazonía Ecuatoriana estas pasturas constituyen la base de la actividad pecuaria, tanto de engorde como de leche. Sin embargo, se evidenció que la *Erythrina sp* y sus diversas especies cultivadas, formadas en la mayoría de veces en suelos de baja fertilidad natural, no son sustentables, degradándose pocos años después de su establecimiento.

Palabras clave: Forrajeras, Sistema silvopastoril, aporte nutricional, suelo, propiedades

ABSTRACT

Shrub and forage species are plants that provide great benefits within silvopastoral systems, their cultivation is seen as a feasible solution for livestock with a sustainability approach. It is noted that they influence livestock by contributing to food, they have also generated positive impacts on the environment, such as the regeneration of soil components. The methodology used was based on a descriptive documentary study, using a database, which was classified to carry out the subsequent analyzes. The results obtained allowed in principle to determine the benefits of these species in Silvopastoral Systems, showing that they contribute to the restoration of degraded soils through the integration of these legumes, trees and fruit trees such as Erytrina sp. Concluding that the crude protein of forages is divided into true protein and non-protein nitrogen (NNP); the true protein of the three species constitutes 70% to 90% of the total nitrogen, the rest is made up of soluble NNP and small amounts of lignified nitrogen. In several tropical and humid regions, such as the Ecuadorian Amazon, these pastures constitute the basis of livestock activity, both for fattening and for milk. However, it was evidenced that Erythrina sp and its various cultivated species, formed in most cases in soils of low natural fertility, are not sustainable, degrading a few years after their establishment.

Keywords: Forage, silvopastoral system, nutritional contribution, soil, properties

TABLA DE CONTENIDOS

Capítulo 1: Introducción 1

1.1 Justificación 2

1.2 Planteamiento del problema 3

1.3 Objetivos 4

Capítulo 2: Fundamentación teórica 5

2.1 Árboles y arbustos 5

2.2 Erythrina sp 6

2.2.1 Generalidades 6

2.2.1.1 Importancia. 7

2.2.1.2 Distribución geográfica. 7

2.2.1.3 Adaptación. 8

2.2.1.4 Descripción de las especies. 8

2.2.2 Taxonomía 9

2.2.1.5 Propagación 10

2.2.3 Morfología 10

2.2.4 Fisiología 11

2.2.5 Manejo de cultivo 11

2.2.6 Estudio bromatológico 14

2.2.7 Requerimientos edafoclimáticos 15

Capítulo 3: Metodología de la investigación 16

3.1. Tipo de Investigación 16

3.2 Método de investigación 16

Capítulo 4. Análisis de resultados 19

4.1 Análisis de la información expresada en la tabulación de datos. 19

4.2.1 Objetivo 1: Fundamentar teóricamente las propiedades físicas, conservación edafológica de las especie forrajera Erythrina spp con la finalidad de recabar información fiable para una mejor armonía de los sistemas silvopastoriles.....20

4.2.1.1Conservación edafológica de la Erythrina sp.....23

4.2.2 Establecer la importancia de los beneficios de la Erytrina spp como aportadora de nitrógeno en los sistemas silvopastoriles de la Amazonía ecuatoriana.....26

Conclusiones.....31

Recomendaciones.....32

Bibliografía.....33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Importancia de su uso.....7

Tabla 2 Especies de la Erythrina sp.....8

Tabla 3 Taxonomía de la Erythrina sp.....9

Tabla 4 Descripción morfológica.....10

Tabla 5 Manejo de cultivo: Corte basal.....11

Tabla 6 Manejo de cultivo: Corte apical.....11

Tabla 7 Manejo de cultivo: Periodo de reposo.....12

Tabla 8 Manejo de cultivo: Posición de reposo.....12

Tabla 9 Manejo de cultivo: Resiembra.....12

Tabla 10 Manejo de cultivo: Utilización.....12

Tabla 11 Manejo de cultivo: Frecuencia de podas.....12

Tabla 12 Manejo de cultivo: Desventajas en su uso.....13

Tabla 13 Manejo de cultivo: Desventajas en su uso.....13

Tabla 14 Manejo de cultivo: Época de corte.....13

Tabla 15 Manejo de cultivo: Fases de la luna.....13

Tabla 16 Manejo de cultivo: Fases de la luna.....13

Tabla 17 Uso de biomasa.....15

Tabla 18 Requerimientos.....15

Tabla 19 Propiedades físicas de la *Erythrina sp*.....20

Tabla 20 Conservación.....23

Tabla 21 Manejo utilizado para cada nivel de insumo en el ensayo comparativo de sistemas orgánico y convencional con tres diferentes tipos de sombra......29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Erythrina sp 6
Figura 2 Semillas de la Erythrina sp.....8
Figura 3 Interacciones positivas de la *Erythrina sp* en los sistemas silvopastoriles.....27

Capítulo 1: Introducción

Los árboles y arbustos forrajeros son aquellas especies que crecen de forma simultánea y natural en diferentes suelos. La *Erythrina sp* es un árbol de 2 a 10 metros de altura, generalmente provisto de espinas cónicas en el tronco y las ramas, de hojas trifoliadas y anchas, pertenece al grupo de las leguminosas. *Erythrina sp* a diferencia de otros géneros de leguminosas, tolera suelos con pH más ácidos e infértiles y prosperan en áreas encharcadas y de mal drenaje (Cabrera, y otros, 2021) éstas son características de toda la región de selva y donde las especies fijadoras de nitrógeno y de rápido crecimiento no pueden desarrollarse. Las especies del género *Erythrina sp* son árboles con fustes armados, hojas trifoliadas, inflorescencias en racimo y flores papilonadas de color rojo o anaranjado (Sánchez, 2010).

En cuanto a los métodos de propagación en *Erythrina spp*, maneja un porcentaje de germinación de las semillas y el prendimiento de las estacas. Sin embargo se debe considerar las condiciones edáficas como climáticas de la Amazonía ecuatoriana ya que pueden lograr disminuir el desarrollo y crecimiento de los árboles de esta especie (Sánchez, 2010).

Por otra parte, destacando la importancia del género *Erythrina sp* radica en la capacidad de algunas de sus especies para fijar simbióticamente con la bacteria *Rhizobium sp*. el nitrógeno atmosférico a través de la formación de los nódulos desarrollados en la raíz (Cabrera, y otros, 2019).

La diversidad y distribución del género *Erythrina sp* en la Amazonía Ecuatoriana, junto con sus aplicaciones conocidas, pueden propiciar potenciales alternativas de desarrollo. Por tal razón, se tiene que los suelos de la Amazonia, en general, se caracterizan por un nivel de fertilidad muy bajo, alto grado de acidez, saturación de bases muy pobre, contenidos bajos de calcio, magnesio y potasio intercambiables, marcada pobreza en fósforo y alto contenido de aluminio de cambio (CATIE, 2015).

El sistema silvopastoril para la Amazonía, consiste en incorporar árboles y/o arbustos forrajeros en tierras ocupadas con pastos para la crianza de bovinos. Esta actividad representa una alternativa de producción y conservación. Contribuye a intensificar la ganadería y a liberar tierras que pueden dedicarse a la conservación de bosques, según los resultados de investigaciones realizadas en la Estación Experimental Central de la Amazonía, del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. En este estudio se determina el aporte de nitrógeno de Erythrina sp en los sistemas silvopastoriles (Escalante & Herrera, 2014)

1.1 Justificación

La investigación persigue el objeto de entender la importancia de conocer que los sistemas silvopastoriles representan un avance y un reto para la ganadería moderna, debido a la necesidad de obtener los beneficios que genera por lo que el enfoque está dirigido al empleo de las especies forrajeras (Sánchez, 2010).

Las diversas especies de *Erythrina sp*, específicamente *E.fusca y E. poeppigiana* en los sistemas como estrategia de intensificación de la producción ganadera y una estrategia prioritaria para mitigar efectos del cambio climático. Por otra parte, la *Erythrina sp* es beneficiosa en la producción ganadera puede aumentar hasta tres cabezas bovinas por hectárea, superando la carga animal actual que no llega a una cabeza, según la egresada Nancy Criollo, egresada en preparación de tesis de pregrado, del Programa de Forestería (CATIE-INIAP, 2013).

De esta manera poner a disposición del sector ganadero de la región amazónica la información documentada sobre la especie *Erythrina sp* como aportadora de nitrógeno dentro de los sistemas silvopastoriles de la Amazonía Ecuatoriana Por tanto, es importante hacer mención que, los sistemas silvopastoriles garantizan y mejoran los diferentes componentes en los sistemas de producción ganadera, cuyo propósito es la mitigación de aquellos efectos negativos que se presentan en el ambiente a causa de los sistemas tradicionales, la intención principal de este proceso es mejorar la alimentación y por ende el bienestar animal e incentivar la productividad. (Navas, Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical, 2010).

La ganadería es uno de los principales sectores económicos, de forma que en la actualidad el 50% de las pasturas atraviesan un proceso de degradación, problema que además disminuye el 50% de potencial, por ello la implementación de sistemas silvopastoriles en dichos sectores permite recuperarlos, incrementar la productividad ganadera, mejorar el ambiente y generar resiliencia ante los diferentes cambios climáticos (Fontagro, 2020); incluso se menciona que los forrajes arbustivos ayudan a equilibrar los excesos de alcalinidad o acidez que ocasionan los fertilizantes sintéticos en perjuicio del desarrollo de pasturas y de la regeneración del suelo (Trujillo & Fárfan, 2017).

La finalidad de la presente investigación, es conocer las características, orígenes, desarrollo en su entorno y beneficio y aporte de nitrógeno de la *Erythrina sp* en los sistemas silvopastoriles, para lo cual se indagó de forma detallada por medio de una revisión

documental, basada en revistas científicas, libros, artículos, tesis de pregrado y posgrado, con temas relacionados, a fin de mantener una visión clara sobre la temática a desarrollar.

1.2 Planteamiento del problema

Una de las situaciones problemáticas sobre el tema de estudio, se basa en el uso del conocimiento dentro del sector ganadero de la Amazonía Ecuatoriana con respecto al aporte nutricional, especialmente de nitrógeno de las especies forrajeras arbustivas Búcaro, Pízamo, etc (*Erythrina* sp.) como plantas de importancia en la alimentación bovina; en segundo lugar el beneficio edafológico permitiendo conservar mejor el suelo, ofreciendo forrajes con un mejor aporte nutricional, y suministrar un mayor confort (sombra) para el ganado.

De aspecto positivo, ciertamente esta especie forrajera, tal como determina Arango (1994) es utilizada para las pasturas en los sistemas de producción, como fuente de alimento para el ganado y para mantener la fertilidad del suelo, e incluso para el reciclaje de los nutrientes de ésta, hacia el suelo.

Autores como Navas (2010) y Mahecha et al. (2010) hacen referencia a los inconvenientes en la gestión ganadera desarrollada en forma extensiva, asociada a monocultivos y escasa cobertura arbórea, con las consecuencias sobre el medio ambiente; no obstante, es oportuno diseñar sistemas para este fin que mitiguen estos efectos adversos.

Lo antes expuesto permite formular el siguiente problema: No implementar esta especie forrajera (*Erythrina sp*) en los sistemas de alimentación ganadera genera efectos nocivos sobre la conservación del suelo, el medio ambiente y la calidad nutricional de las pasturas bajas. No obstante, la importancia de la gestión ganadera y el hecho de que no es de amplio uso y orientación hacia un sector de los productores ganaderos, quienes no tienen toda la formación o experiencias acorde con la utilización de estas especies forrajeras arbustivas antes mencionadas, sugiere el desarrollo de buenas prácticas que puedan socializarse, para la implementación de sistemas silvopastoriles en la Amazonía Ecuatoriana.

1.3 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Determinar los beneficios de aporte nutricional de *Erythrina sp* en los sistemas silvopastoriles y su aplicación en la Amazonía ecuatoriana.

1.1.2 Objetivos específicos

- Fundamentar teóricamente las propiedades físicas y conservación edafológica de la especie forrajera *Erythrina sp* para una mejor armonía de los sistemas silvopastoriles.
- Establecer la importancia de los beneficios de la *Erytrina sp* como aportadora de nitrógeno en los sistemas silvopastoriles de la Amazonía ecuatoriana

Capítulo 2: Fundamentación teórica

2.1 Árboles y arbustos

Para contextualizar, se hace referencia a lo detallado por Cabrera, at al. (2019) que mencionan: La coincidencia de características de los espacios abiertos en los que aparecen especies maderables que proporcionan sombra, crecen forrajes y pastorean animales, facilita una convivencia armónica entre éstos, disminuyendo la perdida de nutrientes y la degradación de los recursos naturales en diferentes zonas, por lo que la implementación de sistemas similares de forma controlada, se han convertido en una alternativa positiva para la sustentabilidad alimentaria (p.23).

Los beneficios adicionales de estos sistemas con sombra, es la fijación de Co_2, como una forma de mitigar el efecto invernadero y almacenan biomasa aérea en los árboles. Las especies arbóreas más significativas en los sistemas agroforestales son leguminosas originarias de los trópicos y de los subtrópicos que tienen sus usos como: forraje, abono verde, leña, pulpa, madera, sombra permanente en plantaciones agrícolas. Se caracterizan por la fijación de nitrógeno (90% de las mimosáceas y fabáceas). (GÓMEZ & PRESTON, 1996). Finalmente se concluye que estos beneficios inciden en el mantenimiento o incremento de la productividad del sitio a través del ciclaje de nutrientes y de la protección del suelo, con bajo capital y costos operativos.

La utilización de leguminosas arbóreas y arbustivas forrajeras se presentan como gran reto para la ganadería en Ecuador, por ser una solución económicamente viable, sin producir daños ambientales y socialmente aceptada, cuyo beneficio a corto plazo se puede observar en un incremento sostenido de la producción animal (Arango, 1994). De acuerdo a lo mencionado por Cabrera, los sistemas silvopastoriles se ven favorecidos con la inclusión de árboles y de especies forrajeras arbustivas encaminado hacia una mayor sostenibilidad de la actividad ganadera, entre las que se considera la *Erytrina sp*

Por ultimo Ray, Nhantumbo, Chimbalambala (2013), como contribución a lo antes mencionado, se puede resaltar que la especie correspondiente cuenta con la capacidad de adaptarse a cualquier tipo de suelo y proceso de producción, incluso cuando este sea descuidado, es decir, sin mantenimiento de fertilización o riego periódico, de esta forma permite además equilibrar el ecosistema, su capacidad de rebrote y persistencia, con el fin de equilibrar su humedad, nutrientes y demás, capaces de absorber las sustancias necesarias para brindar beneficios al ecosistema y en la alimentación de animales.

2.2 Erythrina sp

2.2.1 Generalidades

El nombre de *Erythrina*, se lo deriva del griego *Erythros*, cuyo significado es rojo, debido al color de sus flores, cuenta con alrededor de 115 especies tropicales, cuya especie es de gran importancia dentro de los sistemas agroforestales, agrícolas, silvopastoriles en cercas y barreras vivas. (Zapater, 2010).

En este sentido, se considera que en el trópico existen leguminosas arbóreas que por su alto contenido de proteína cruda (PC), presentan un gran potencial para ser utilizadas en la suplementación del ganado. En Ecuador varias especies del género *Erythrina* se encuentran aún en estado silvestre, como cercas vivas, árboles de sombrío o como abono verde; entre éstas se encuentra la *Erythrina sp*, cuyo valor nutricional aún no se ha establecido (Arguello, Mahecha, & Angulo, 2019).

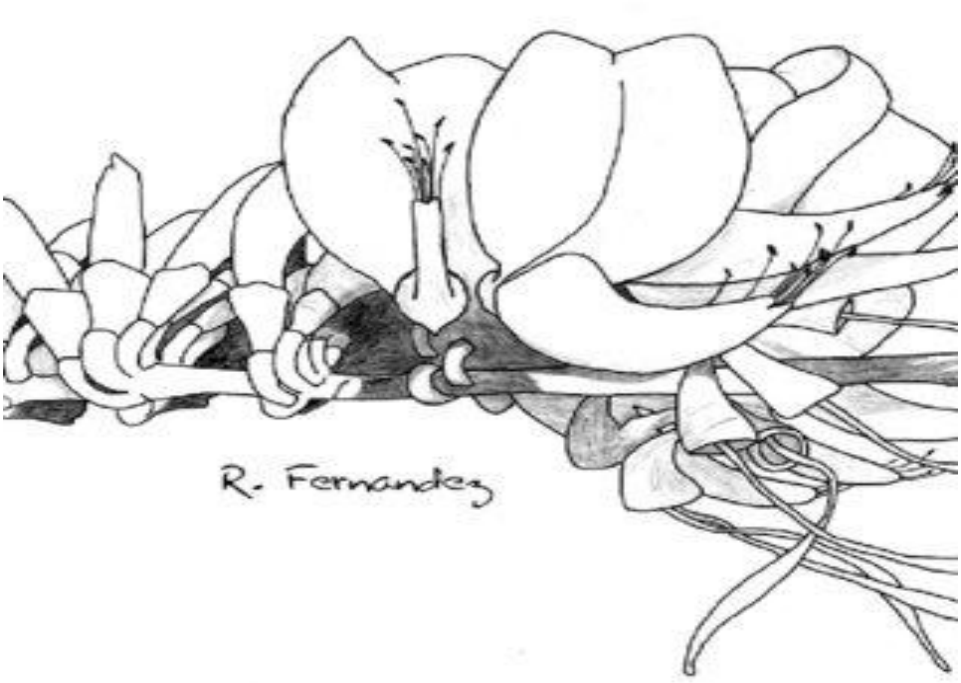

Figura 1 Erythrina sp

Fuentes: (Fernández, Farfán, & Sánchez, 2016)

En la Amazonía, estas pasturas constituyen en parte la base de la actividad pecuaria, tanto de engorde como de leche. Sin embargo, se evidenció que esta especie cultivada, formadas en la mayoría de veces en suelos de baja fertilidad natural, no son sustentables, degradándose pocos años después de su establecimiento. Las principales causas de la

degradación de pastos incluyen el sobrepastoreo, los ataques de plagas, como la chicharrita de las pasturas, las quemas sucesivas y las deficiencias nutricionales del suelo

2.2.1.1 Importancia. La importancia de esta especie *Erythrina sp* reside en la capacidad de algunas de sus especies para fijar simbióticamente con la bacteria Rhizobium sp. El nitrógeno atmosférico a través de la formación de los nódulos desarrollados en la raíz (Russo, 1984). Este proceso, tanto la aparición de los nódulos como la tasa de fijación, es mejorado por el inicio de las lluvias y afectado por las épocas secas, pudiendo incluso disminuir a cero la tasa de fijación. Por otra parte, con respecto al aporte nutricional, esta especie posee alto contenido de proteína cruda (PC), utilizada en la suplementación de la alimentación animal (ganado).

En este sentido, tal composición química aporta a la conservación y fertilización del suelo, lo que incide positivamente en la producción de pasturas. (Cabrera. et al, 2019)

Tabla 1 Importancia de su uso

BENEFICIO DE SU USO
Fácil de propagar
Buena sombra
Buen abono
Fácil de manejar
Rápido crecimiento
Buen forraje
Otras ventajas
De viveros

Fuente: (Sánchez, 2010)

2.2.1.2 Distribución geográfica. *Erythrina sp*, también conocida como pízamo es originaria de países como Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela, se considera que la especie se introdujo América Central y varias islas del Caribe en el siglo XIX. (Sánchez, 2010)

En la Amazonía Ecuatoriana se encuentra en las zonas húmedas. Considerándose pionera para la implementación dentro de los sistemas silvopastoriles (Arango, 1994).



Figura 2 Semillas de la Erythrina sp

Fuente: (Sánchez, 2010)

2.2.1.3 Adaptación. Las especies de *Erythrina sp específicamente (E. Fusca y E. poeppigiana*) se desarrollan adaptablemente en altitudes entre los 0 y 2.000 m, en sitios con temperatura media anual entre 16 y 24ºC, precipitación anual de 1.200 a 3.000 mm, así mismo tlera suelos de alto nivel freático e incluso inundaciones, suelos de textura arcillosa a franca, pH de 4,5 hasta alcalinos y de fertilidad media (CATIE-INIAP, 2013)

2.2.1.4 Descripción de las especies. La *Erythrina sp* es un árbol de tallo múltiple, caduco, a menudo espinoso y de copa extendida, crece hasta 35 m de altura y 2 m de diámetro. Su corteza es color marrón grisácea, con protuberancias puntiagudas. Su copa es moderadamente extendida y el tronco en árboles grandes tiende a no tener ramas en los primeros 10 a 20 m. Sus hojas son alternas, trifolioladas, folíolos ovalados de 15 a 25 cm de largo, generalmente más grandes en árboles jóvenes que en los grandes árboles (Cabrera, y otros, 2019). Produce vainas de 12 a 25 cm de largo, con varias semillas, puntiagudas en ambos extremos, marrones, de 2 cm de largo y un peso aproximado de 1,8 g. (Fernández, Farfán, & Sánchez, 2016)

Tabla 2 Especies de la Erythrina sp

ESPECIES
E.poeppigiana
E.fusca
E.berterona
E.costaricenis

USOS DEL GENERO
Cercas Vivas
Sombra
Otros

Fuente: (Fernández, Farfán, & Sánchez, 2016)

2.2.2 Taxonomía

Tabla 3 Taxonomía de la Erythrina sp

Erythrina sp	
Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Faboideae
Tribu:	Phaseoleae
Subtribu:	Erythrininae
Género:	*Erythrina* L.

Fuente: (Cuéllar, Rodríguez, & Preston, 2010)

2.2.1.5 Propagación. Para la propagación, es aconsejable realizarlo por semilla, en un kilogramo hay aproximadamente 4.500 semillas de pízamo y 2.600 de cámbulo. Las semillas de esta especie son ortodoxas, es decir, pueden almacenarse durante varios años en recipientes bien cerrados, en un lugar fresco y seco (entre 5 y 30°C y 30% al 40% de humedad relativa). Para mejorar la germinación puede hacerse una escarificación de las semillas antes de la siembra, sumergiéndolas en agua a temperatura ambiente durante 24 h. La propagación también puede hacerse por estacas de 1,5 m (Sánchez, 2010)

2.2.3 Morfología

Tabla 4 Descripción morfológica

CARÁCTER	**DESCRIPCIÓN**
FRUTO	Legumbre dehiscente, estipitada, linear-oblong, Moniliforme o inflada, ligera o fuertemente constricta entre las semillas, ápices mucronado; pubescente o glabra
SEMILLA	Sub-reniformes, rojas, anaranjadas, bicolor (rojo con negro) marrón o café- jaspeado
HOJAS	Hojas folioladas alrededor de 13 cm de largo
ÁRBOL	Llegar a medir alrededor de 25m con tronco abarcado de espinas, de color verde claro
FLORES	Son cálidas amplias de más o menos 1.5 cm de ancho, con una corola color naranja, su fruto con semillas marrones o pardas de hasta 20 cm de largo por 1.5cm de ancho

Fuente: (Arguello, Mahecha, & Angulo, 2019)

2.2.4 Fisiología

En cuanto a la fisiología, el contenido proteico, el cual varía dentro de las partes de la planta (lámina verde, tallo, pecíolos); sin embargo, la degradabilidad ruminal de la fracción nitrogenada no sigue el mismo patrón. Esta especie ha mostrado los mayores valores de degradabilidad ruminal de la materia seca cuando se han utilizado técnicas de digestión *in situ*, comparado con la tradicional técnica de digestibilidad in vitro. Esto sugiere que algunos factores anti nutricionales están presentes, especialmente en las hojas más maduras. También, la solubilidad de la fracción nitrogenada es particularmente alta en los tallos verdes, pero más baja en los pecíolos y hojas. (Arguello, Mahecha, & Angulo, 2019)

2.2.5 Manejo de cultivo

Para el manejo de cultivo, se recomienda mantener a la planta libre de arvenses durante el primer año de establecida. La limpieza alrededor de la planta debe realizarse con una frecuencia de 2 a 3 meses. Efectuando podas esporádicas para facilitar la cosecha y el manejo de las plantas fuera de sitio en las etapas iniciales de su desarrollo. (Arango, 1994)

Tabla 5 Manejo de cultivo: Corte basal

FORMA DEL CORTE BASAL
Inclinado
Dos caras
Tres caras
Cuatro caras
Cónico
Plano

Fuente: (Arango, 1994)

Tabla 6 Manejo de cultivo: Corte apical

FORMA DEL CORTE APICAL
Inclinado
Cónico
Plano

Fuente: (Arango, 1994)

Tabla 7 Manejo de cultivo: Periodo de reposo

PERIODO DE REPOSO
0-1 día
2-7 días
8-15 días
> 15 días
Sin reposo

Fuente: (Arango, 1994)

Tabla 8 Manejo de cultivo: Posición de reposo

POSICIÓN DE REPOSO
Horizontal
Inclinado

Fuente: (Sánchez, 2010)

Tabla 9 Manejo de cultivo: Resiembra

RESIEMBRA
No
Sí

Fuente: (Sánchez, 2010)

Tabla 10 Manejo de cultivo: Utilización

UTILIZACIÓN DE PODAS
Sí
No

Fuente: (Sánchez, 2010)

Tabla 11 Manejo de cultivo: Frecuencia de podas

FRECUENCIA DE PODAS
1 cada 2 años
1 por año
2 por año
3 por año
Variable

Fuente: (Sánchez, 2010)

Tabla 12 Manejo de cultivo: Desventajas en su uso

DESVENTAJAS EN SU USO
Ninguna
No produce leña
Muchas espinas
El ganado lo come
Mucha mano de obra
Pega poco
Se traga alambre
Otros

Fuente: (Sánchez, 2010)

Tabla 13 Manejo de cultivo: Desventajas en su uso

FORMA DE PROPAGACIÓN
Estacas grandes
Regeneración
Siembra directa

Fuente: (Arguello, Mahecha, & Angulo, 2019)

Tabla 14 Manejo de cultivo: Época de corte

EPOCA DE CORTE
Seca
Comienzo lluvias
Durante lluvias
Todo el año

Fuente: (Arguello, Mahecha, & Angulo, 2019)

Tabla 15 Manejo de cultivo: Fases de la luna

FASES DE LA LUNA
Creciente
Menguante

Fuente: (Arguello, Mahecha, & Angulo, 2019)

Tabla 16 Manejo de cultivo: Fases de la luna

SOBREVIVENCIA
<49%
50-69%
70-79%
80-89%

Fuente: (Fernández, Farfán, & Sánchez, 2016)

2.2.6 Estudio bromatológico

El Pízamo (*Erythrina spp*) permite buenos resultados en la alimentación de rumiantes como suplemento en dietas basales de pastos, esto por su alto contenido energético y de proteína. Además cuando se emplean estas especies como dieta única los niveles de consumo son superiores al 3% del peso corporal, demostrando una alta aceptabilidad (Cabrera. et al, 2019).

Por otra parte el Pízamo *(Erythrina sp),*es una especie nativa de las leguminosas Fabacear, dentro de la cual cuentan con 300 géneros diferentes y alrededor de 6500 especies, es considerada como una de las especies arbustivas más importantes para el ser humano, la cual es la mayor productora de proteínas vegetales, cuya función es el fijar el nitrógeno en sus raíces, por su parte también muchas especies de este grupo son oleaginosas y otro grupo son un excelente producto de madera (Cuéllar, Rodríguez, & Preston, 2010).

2.2.7 Biomasa

La biomasa vegetal representa la principal reserva de nutrientes del ecosistema. Por ello, para comprender el proceso de ciclaje de nutrientes es necesario conocer la biomasa del ecosistema por unidad de área. Un buen diseño de manejo del sistema debe garantizar el uso eficiente de los nutrientes, conociendo de antemano que el beneficio que proporcionan los árboles varían entre sistemas, se deben tener en cuenta las prácticas de manejo que se le brinde y el objetivo que se persigue determinan el rendimiento en biomasa y la calidad (Sánchez, 2010).

Tabla 17 Uso de biomasa

USOS DE LA BIOMASA
Forraje
Fuente de estacas
Mulch/cultivos
Medicina

Fuente: (Arango, 1994)

2.2.8 Requerimientos edafoclimáticos

La sustentabilidad de las pasturas formadas en suelos de baja fertilidad natural, depende, en general, del aumento en el suplemento de nitrógeno al suelo y de prácticas correctas de manejo.

Tabla 18 Requerimientos

Requerimientos edafoclimáticos	
Temperatura	>20°,
Altitud	0 a 1400 msnm
Precipitaciones (mm/año)	800-3000
PH neutro	(>4.5)

Fuente: (Cuéllar, Rodríguez, & Preston, 2010)

Una forma de aumentar el suplemento de nitrógeno (N) en el suelo de pasturas cultivadas es la integración con árboles, principalmente leguminosos fijadores de N_2. Además de este efecto, que influencia el crecimiento y la calidad del forraje, estas especies pueden también beneficiar a los animales, promover la conservación del suelo y mejorar el aprovechamiento del agua de lluvia en las pasturas. El efecto de estas especies en el aumento de los contenidos de N y MO en el suelo es generalmente más pronunciado en el caso de leguminosas arbóreas que poseen capacidad de fijar el nitrógeno del aire atmosférico.

Capítulo 3: Metodología de la investigación

Para el desarrollo del presente proyecto se ha apoyado en los siguientes tipos de investigación:

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es no experimental y documental, este diseño permitió recabar información de fuentes primarias para abordar el tema de estudio permitiendo construir análisis posteriores de artículos académicos con metodologías científicas y comprobables.

Esta investigación teórica se basó en un enfoque documental la cual se ajustó a la selección y recopilación de información por medio de la lectura crítica de documentos y materiales bibliográficos existentes en un documento, con el fin de tener antecedentes para profundizar en las teorías y aportaciones sobre la especie *Erytrina sp* como aportador de nitrógeno en los sistemas silvopastoriles y su aplicación en la Amazonía ecuatoriana, siendo el tema principal de estudio

3.2 Método de investigación

Para el desarrollo del análisis documental se investigó temas relacionados con el aporte de nitrógeno de esta especie, en los sistemas silvopastoriles y su aplicación en la Amazonía ecuatoriana. Es importante mencionar que el método de investigación empleado permitió además recabar información necesaria para el cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos. Para el desarrollo del presente análisis se utilizó un paradigma cualitativo el cual permitió tener un acercamiento directo con el tema de estudio, así mismo se fortaleció por medio de una metodología de investigación documental, la cual es considerada como un proceso sistemático que permite la indagación, lectura y registro de fuentes documentales sobre un problema de estudio, con la intención de resolver diferentes interrogantes que se presentaron alrededor de la elaboración de este.

Para el cumplimiento al objetivo uno: Los términos de búsquedas que se utilizaron son: propiedades, características, aporte de nitrógeno de la *Erythrina sp,* en los sistemas silvopastoriles. Seguidamente a este proceso se mantuvo una lectura de la información identificada, analizando el título, autores, temas y resultados obtenidos, con el fin de seleccionar aquellos datos de importancia para el presente estudio. Para el cumplimiento del objetivo dos, se realizó una búsqueda sistemática en los artículos y revistas sobre el tema relacionado con la especie *Erytrina sp,* en donde se sintetizó y determinó el aporte de nitrógeno en los sistemas silvopastoriles, a través de la elaboración de una tabla de análisis para el

entendimiento de los resultados obtenidos del estudio actual, en donde se estableció tal aporte dentro de los sistemas silvopastoriles y su aplicación en la Amazonía ecuatoriana

3.2.1.1. Análisis y definición de la necesidad de información. Para la búsqueda y análisis de información de los documentos bibliográficos, se empezó una revisión rápida de los autores, títulos, resumen y los resultados los cuales estén enfocados proporcionando información que lleve a cumplir con el siguiente objetivo planteado de realizar una revisión bibliográfica sobre la especie *Erythrina sp* como aportadora de nitrógeno

3.2.1.2. Nivel y cobertura de la búsqueda. La búsqueda de información se centró en publicaciones científicas de fuentes primaria y secundaria, que otorguen fiabilidad y sean verificables para que los análisis construidos sean fundamentados en bases científicas comprobables.

La búsqueda de información sobre las propiedades y beneficios edafológicos y de aporte de nitrógeno de la *Erythrina sp* en los Sistema Silvopastoriles, por medio de fuentes de confianza, fiables, en base a una lectura determinada se extrajeron datos necesarios e importantes para el desarrollo del tema de investigación

3.2.1.3. Elección de fuentes de información. Las bases de datos primarias y secundarias fueron los recursos que respaldaron la información, se obtuvo de: Google académico (Google Scholar), Latindex, Redalyc, World Wide Science, EcuRed, Academia.edu, SciELO, Repositorios Universitarios de tesis y proyectos de titulación de grado y de posgrado. Así como en apoyo de revistas científicas avaladas, como libros, manuales extraídos de internet

3.2.1.4. Estrategia para la búsqueda de la información. La estrategia para la búsqueda de información se efectuó a través de una vinculación de términos seleccionados denominados de inclusión, palabras clave u operadores que permitieron combinarlos para ejecutar la búsqueda, relacionados con el tema de investigación.

3.2.1.4.1. Descriptores. Los descriptores utilizados se construyeron con base en los objetivos planteados en la investigación, los cuales se agruparon resultando los siguientes: Aporte de nitrógeno de la *Eryhtrina sp* dentro del sistema silvopastoril

3.2.1.4.2. Criterios de inclusión. Los criterios de inclusión considerados para la búsqueda serán los siguientes:

a. Palabras clave. *Erythrina sp.* Aporte en el sistema silvopastoril.

Para el cumplimiento del objetivo 1 se utilizó los siguientes: propiedades físicas, conservación edafológica y manejo de cultivo.

Para el cumplimiento del objetivo 2 se utilizó: *Erythrina sp* beneficio, sistema silvopastoril, Amazonía ecuatoriana.

b. Año de publicación.

Se recabó información de recursos literarios, artículos académicos y documentos bibliográficos segmentados a partir del año 2010, sin dejar de consultar algunos documentos de antigüedad con información relevante al respecto para la combinación de temas que estructuren la conceptualización. Esto permitió realizar comparaciones en artículos de antigüedad y vigente y los criterios propuestos con respecto al tema.

3.2.1.4.3. criterios de exclusión*:* a. Publicaciones de *Erythrina sp* que no mencionaron propiedades físicas o de conservación, manejo de cultivo . b. Información de que no se vincularon a los objetivos de investigación

3.2.1.5 Selección de estudios. Se seleccionó documentos validados con contenido confiable para la construcción de los análisis.

3.2.1.6. Manejo de información. Para el manejo de la información y datos de los recursos utilizados, se elaboró un formato haciendo uso del programa de hojas de cálculo Excel- Microsoft Excel 2019 que permitió organizar en base a autores, temas, años y paginas consultadas lo que hizo posible estructurar la información recabada al momento de la revisión.

Capítulo 4. Análisis de resultados

En este apartado se refleja el análisis de resultados, para el estudio, por lo que se tomó información extraída de la base de datos sobre los artículos bibliográficos descritos inicialmente. En este sentido, una vez recopilada información relacionada al tema se procedió a la estructuración de los resultados en cumplimiento a los objetivos planteados en esta investigación. En el siguiente apartado, en donde se muestran los artículos científicos, y tesis que han sido utilizados para la recopilación de información. Estos fueron procesados mediante análisis y tabulaciones descritas a continuación.

4.1 Análisis de la información expresada en la tabulación de datos.

Este proceso de búsqueda de información, se llevó a cabo mediante la revisión de literatura en cumplimiento de los criterios y objetivos establecidos en la metodología de este trabajo. Al final de este proceso se dejaron un compendio de 120 artículos y tesis bibliográficos, los cuales se procesaron en Microsoft Excel versión 2019, filtrando los de información relevante y complementaria, quedando un total de 10 para la construcción de los resultados. Destacando que los demás documentos se utilizaron en la fundamentación teórica y algunos de mayor antigüedad sirvieron para realizar comparaciones y así poder desarrollar conclusiones apoyadas en esos datos.

Con la finalidad de abordar temas relevantes sobre las tres especies estudiadas, se clasificaron y organizaron los nuevos documentos registrados en Excel, con información fiable y con aporte para la investigación, tal como se observan en las tablas que posteriormente se describen, ordenados por año de publicación del periodo segmentado, universidades, países con presencia de estudios, quedando en este sentido: Costa rica, Colombia, Venezuela, Brasil,

Además han quedado la fundamentación teórica algunos artículos de Ecuador. Cómo base de datos se utilizaron por orden, las siguientes: Scielo, Google Académico, Redalcyc, Dialnet, Ergonomix, con mayor obtención de datos del web site Scielo

4.2.1 Objetivo 1: Fundamentar teóricamente las propiedades físicas y conservación edafológica de la especie forrajera Erythrina sp para una mejor armonía de los sistemas silvopastoriles.

Tabla 19 Propiedades físicas de la *Erythrina sp*

	Estudios comparativos sobre las propiedades físicas		
Propiedades	**Estudio de Jiménez (2014). Brasil**	**Estudio de** (Ravarocci & Carrasco, 2010) **Ecuador**	**Estudio de Pérez (2019) Colombia**
Altura máxima (m)	20 m	Altura	15m de alto
Amplitud de Copa	Amplia (mayor que 14 m)	Tallo	Armado
Densidad de follaje	Alta	Hojas	Compuestas, trifoliadas, folíolos obovados, terminales 15 cm de lago – 8cm de ancho
Modelo arquitectónico	No determinado	Pecíolo	
Sistema radicular	Superficial	Flores	8,5 cm de largo
Atributos foliares	Miden 20 cm de largo por 15 cm de ancho, con foliolos, redondeados en la base y en el ápice; margen entera.	Fruto	Legumbre - 20 cm de largo
Persistencia hoja	Semicaducifolia	Semillas	10mm de largo – 6mm de ancho
Atributos florales	Miden 4 cm, cáliz verde ferrugíneo	Tasa de crecimiento	
Floración	Estacional	Tipo de suelo	No determinado
Sistema de polinización	Entomófila	Entomófila	No determinado

Limitaciones flores	Carnosas al caer afecta la movilidad de peatones	Carnosas al caer afecta la movilidad de peatones	No determinado
Limitaciones frutos en espacios públicos	Ninguna	Ninguna	No determinado
Sistema de dispersión	No determinado	No determinado	No determinado
Atracción fauna	Alta	Alta	No determinado
Densidad madera (g/cm^3)	0,5	0,3	0,3
Tasa de crecimiento	Rápida	Rápida	Rápida
Longevidad	Alta(> 60 años)	Alta (> 60 años)	No determinado
Rango altitudinal	1501-2000 m.s.n.m	1501-2000 m.s.n.m	No determinado
Tipo de suelo	Tolera niveles freáticos altos	Tolera niveles freáticos medios	Tolera niveles freático alto

Fuente: (Ravarocci & Carrasco, 2010)**,** (Jiménez 2014), (Pérez, 2019)

En la (tabla 19) se expresan datos sobre el estudio llevado a cabo por Ravarrocci y Carrasco (2010) comparado con el realizado por Jiménez 2014 y Pérez (2019), en que se detallan las propiedades físicas de la especie *Erytrina sp*, tales como la altura máxima, altitud, densidad, atributos foliares, tasa de crecimiento entre otros. En el estudio llevado a cabo por titulado *Establecimiento aséptico y propagación in vitro de la Erythrina sp* en sus variedades*; Erytrina Fusca y Erytrina poeppigiana por microestacas*, se evidenció una gran concordancia de las propiedades físicas de la especie *Erytrina Fusca*, diferenciándose únicamente en el tipo de suelo.

Comparando ambos estudios sobre la diferenciación del tipo de suelo Ravarrocci y Carrasco, determinaron que la especie tolera capas freáticas altas es decir, soporta ciertos niveles superficiales de agua. A diferencia Jiménez expresó que tolera niveles freáticos medios. En otro aspecto, en la revisión del trabajo investigativo de Pérez, basado en la *Evaluación de la sobrevivencia y crecimiento inicial de la Erytrina sp bajo condiciones de vivero* en la Universidad Agraria de Colombia, determinó diferencias y semejanzas en cuanto a las propiedades identificadas por Rivarocci y Carrasco, y Jiménez, 2014. Con Rivarocci y Carrasco y Jiménez solo coincide en cuanto a la tasa de crecimiento y tipo de suelo con resultados similares, en cuanto a las otras propiedades como altura, tallo, flores, frutos, semillas entre otros los resultados fueron diferentes, destacando que las 3 investigaciones tabuladas se realizaron en distintos países.

4.2.1.1Conservación edafológica de la Erythrina sp

Tabla 20 Conservación

Análisis comparativos de la conservación edafológica	**Estudio de (Cuéllar, Rodríguez, & Preston, 2010)**	**Estudio de (Pérez, 2019**
Clima subhúmedo relativamente uniforme, con temperaturas de 20 a 30 ºC, precipitaciones anuales de 300 a 2.300 mm y 5 meses de período seco.		Húmedo relativamente uniforme, con temperaturas de 30 ºC, precipitaciones anuales de 500 a 2.300 mm y 6 meses de período seco.
Crece igualmente en suelos derivados de material calcáreo, ígneo o volcánico. Tolera una gran variedad de suelos, menos aquellos que tengan deficiencias serias de drenaje interno.		No determinado
Se adapta tanto a suelos húmedos como a secos.		Suelos secos
Se desarrolla en una gran variedad de suelos que van desde arenas puras, regosoles pedregosos no estratificados, hasta vertisoles negros profundos en su rango natural y ha sido cultivado en suelos desde arcillosos hasta franco-arenosos. ´		arenas puras, pedregosos no estratificados, arcillosos hasta franco-arenosos. ´
Tolera un pH entre 5.5 y 7, también se reporta creciendo en suelos ácidos (pH 4 a 5), pero su tolerancia en suelos extremadamente ácidos, con alto contenido de aluminio, no se ha evaluado lo suficiente.		pH de 7 con variabilidad de 4 a 5.5

Conservación. Bajo óptimas condiciones de almacenamiento (6 a 10 % de contenido de humedad a 4 ºC) las semillas permanecen viables por más de 10 años. A 50 % de contenido de humedad y 17 ºC pueden almacenarse por un año.	Óptimas condiciones de almacenamiento, contenido de humedad a 5 ºC las semillas permanecen viables por más de 15 años. A 50 % de contenido de humedad y 17 ºC pueden almacenarse por un año.

Fuente: (Cuéllar, Rodríguez, & Preston, 2010), (Pérez, 2019)

De acuerdo a los datos sistematizados con la información aportada por Cuéllar, Rodríguez y Preston, en su estudio titulado *Uso del písamo (Erythrina sp) como suplemento proteico en dietas de tallo de caña prensado para terneras de levante*, determinaron dentro de sus líneas de investigación la conservación edafológica, arrojando los resultados descritos en la (tabla 20) Así para la revisión bibliográfica, se observaron otros aspectos, distintos a los descritos en la tabla, tal como la poca cantidad de raíces secundarias y la fragilidad que presentan frente a la poda y remoción, razones por las que se produce la ruptura de raíces y posterior muerte de la planta. Así se evidencio criterios sobre las malas condiciones edáficas como climáticas que pueden lograr disminuir el desarrollo y crecimiento de los árboles.

Del mismo, dichos criterios concuerdan con la información presentada por Pérez, en su estudio Evaluación de la sobrevivencia y crecimiento inicial de la *Erytrina sp* bajo las condiciones de vivero, registrando los mismo resultados para la temperatura, altitud y solo diferenciándose en las precipitaciones y pH neutro. Por su parte, Cruz en su investigación titulada *Inclusión de diferentes niveles de harina de hojas de Erytrina Fusca*. L *en la alimentación de cuyes en las fases de crecimiento y acabado*, dentro de su fundamentación teórica se evidencio un registro sobre la conservación edafológica por lo que determinaron resultados similares a los presentados por Cuéllar, Rodríguez y Preston correspondientes a la conservación edafoclimática en cuanto a la temperatura, altitud, precipitaciones a excepción del PH neutro que registro ser mayor a 5.

En valoración de otros fundamentos de las investigaciones llevadas por Pérez, Cuéllar Preston concordaron y concluyeron en sus estudios que una forma de aumentar el suplemento de N en el suelo de pasturas cultivadas es la integración con árboles, principalmente leguminosos fijadores de N_2. Además de este efecto, que influencia el crecimiento y la calidad del forraje, estas especies pueden también beneficiar a los animales, promover la conservación del suelo y mejorar el aprovechamiento del agua de lluvia en las pasturas. El efecto de estas especies en el aumento de los contenidos de N y MO en el suelo es generalmente más pronunciado en el caso de leguminosas arbóreas que poseen capacidad de fijar el nitrógeno del aire atmosférico.

Los autores realizaron sus respectivos estudios en cuanto a la producción plena, señalando que depende de la humedad, brillo solar, pendiente y condiciones edáficas. Con respecto a estas dos últimas, la práctica del injerto muestra ser una alternativa que permite el desarrollo de árboles de *Erythrina sp* en suelos superficiales, alcalinos, secos y de excesiva pendiente, al usar patrones de la especie debido a su mejor adaptabilidad a esta clase de características De acuerdo las consideraciones emitidas por los autores consultados

se concluye que el písamo es muy útil para establecer sistemas silvopastoriles de alta densidad y calidad nutricional porque se asocia muy bien con las gramíneas, tolera las podas drásticas y suministra forraje a lo largo de todo el año.

4.2.2 Establecer la importancia de los beneficios de la Erytrina sp como aportadora de nitrógeno en los sistemas silvopastoriles de la Amazonía ecuatoriana

En los trópicos húmedos, tal como es el caso de la Amazonía ecuatoriana, la productividad del suelo depende de la conservación y el reciclaje de nutrientes dentro del sistema suelo-planta (Russo, 2014). Por esto, tradicionalmente se ha promovido el uso de especies arbóreas, como es el caso de la *Erythrina sp*, que además de ofrecer el servicio de sombra dentro del sistema silvopastoril, también aporta nitrógeno en su distribución en el perfil del suelo. (Escalante & Herrera, 2014), acota que extraen los nutrientes de las capas más profundas del suelo que luego se depositan en la superficie en forma de residuos orgánicos de hojas, raíces y residuos de podas, constituyéndose en una fuente de reciclaje de nutrientes para los cultivos). Estos sistemas agroforestales, están caracterizados por podas frecuentes para reducir la competencia con los cultivos (especialmente la radiación solar), aumentar la biomasa del suelo e incorporar nutrientes al sistema (Russo, 2014)

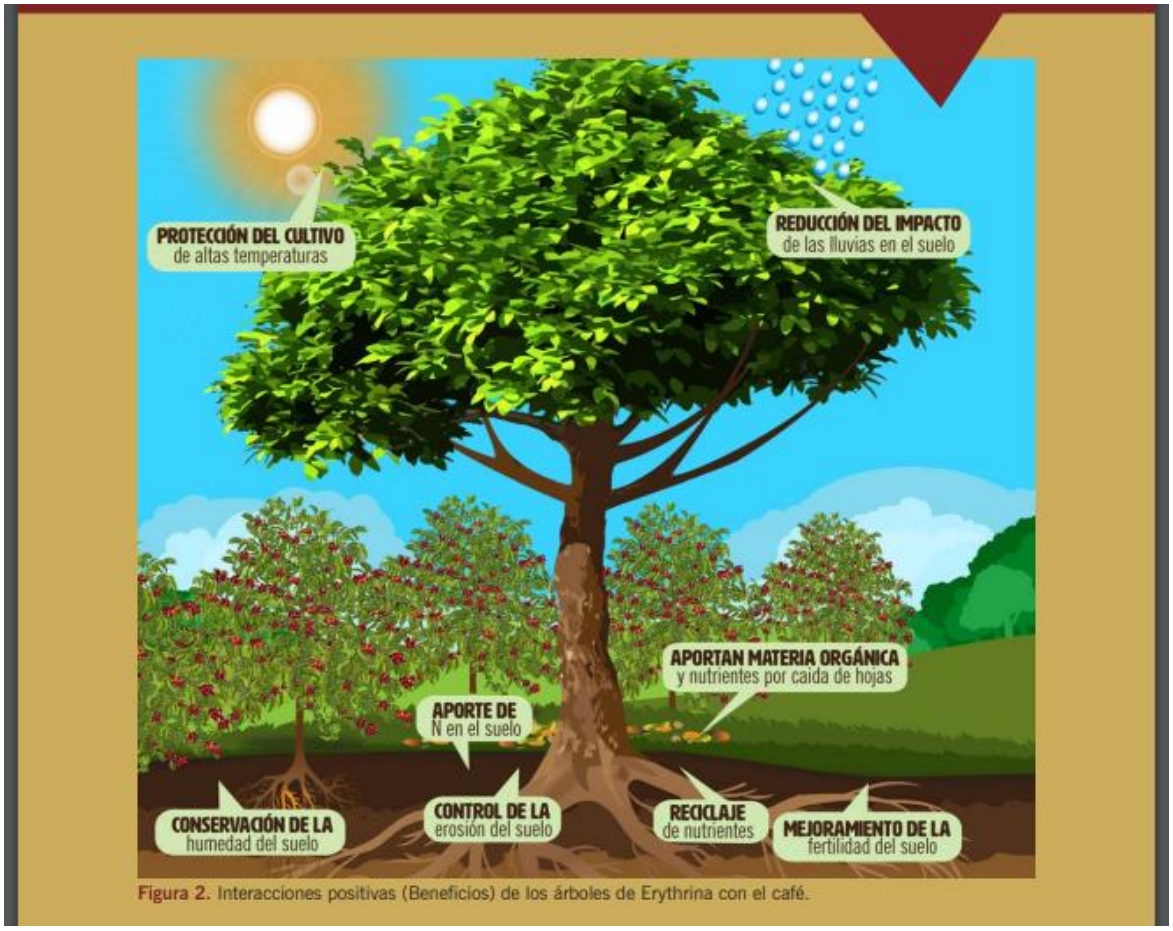

Figura 3 Interacciones positivas de la *Erythrina sp* en los sistemas silvopastoriles

Fuente: (Farfán, Baute, Meza, & Sánchez, 2016)

En asociaciones de pasto-*Erythrina sp*, se ha logrado encontrar, bajo prácticas de poda, que el contenido de proteína y producción de biomasa de los pastos es mayor que la hallada en cultivos sin la asociación (Russo, 1984). Este aporte generado por las hojas y ramas a partir de la poda constituye un abono verde que contribuye al mantenimiento de la fertilidad del suelo (Farfán, Baute, Meza, & Sánchez, 2016).

En evaluaciones recientes de tipos y frecuencias de poda Escalante y Herrera (2014) encontraron que los árboles de *Erythrina* lanceolada sin poda aportaron mayor producción de biomasa, seguido de la poda parcial (50%) cada tres meses y que la poda total cada seis meses fue la que menor o más baja producción de biomasa generó. Sin embargo, Russo (2014) en su publicación reciente, indican que podas frecuentes pueden conducir a una disminución en la producción de biomasa y una muerte lenta de los árboles debido al desgaste de la reservas (azúcares y almidón).

Russo (2014) en concordancia a Escalante y Herrera (2014), encontraron diferencias en el aporte de nitrógeno en *Erythrina poeppigiana* bajo dos sistema de poda y con diferentes

edades de la plantación, en podas parcial los árboles de dos y ocho años de edad depositaron al suelo 187 y 256 kg N ha-1 año-1 respectivamente, valores 50% mayores que los observados en la poda completa el aporte de nutrientes (kg ha-1) de nitrógeno, calcio, potasio, magnesio, fósforo, para cada sistema por poda.

Determina Sánchez (2010) en su estudio *Especie forrajera: Písamo*, que; El aporte de calcio en los distintos sistemas mostró diferencias significativas (p=0.0184), siendo los tratamientos MCE, MOE, ACT, MCA, MOT, MCT, los que mayormente aportan este nutriente Se observa que en el manejo convencional las tres especies predominan en el aporte de calcio, excepto el ACE que resultó ser el más bajo de todos los tratamientos, mientras que con manejo orgánico sólo predomina *E.poeppigiana y T. amazonia.*

De igual forma, se evaluó el aporte de nutrientes por tratamiento en la época lluviosa (2da poda), encontrándose tendencia de los nutrientes (N> K>Ca>P>Mg), específicamente nitrógeno en la especie *E. poeppigiana* con diferentes insumos (Alto convencional, Medio convencional, Medio orgánico). No obstante los otros tratamientos (árboles de sombra y manejo) no difirieron entre sí en cuanto al aporte de nutrientes al sistema (Farfán, Baute, Meza, & Sánchez, 2016)

La importancia del género *Erythrina sp* como aportador de nitrógeno, radica en la capacidad de algunas de sus especies para fijar simbióticamente con la bacteria *Rhizobium sp*. el N atmosférico a través de la formación de los nódulos desarrollados en la raíz. Todo el proceso, tanto la aparición de los nódulos como la tasa de fijación, es favorecido en la Amazonía por el inicio de las lluvias y afectado por las épocas secas, pudiendo incluso disminuir a cero la tasa de fijación (Sánchez, 2010).

Trujillo y Farfán (2017) refiere que la capacidad de nodulación en *Erythrina sp* es igual de buena en suelos de textura arcillosa y franca; además el tamaño de los nódulos es directamente proporcional con la edad y capacidad de fijación. Una vez que el nitrógeno (N) es fijado por la bacteria (*Rhizobium sp*.) y asimilado por el árbol hospedero (*Erythrina sp.),* tanto la senescencia y descomposición de los nódulos como la mineralización del nitrógeno orgánico presente en la hojarasca del árbol permiten que el N sea liberado en el suelo por lo tanto, la ausencia de fertilización en los sistemas agroforestales puede ser compensada por el aporte de los árboles de *Erythrina sp* (Farfán, Baute, Meza, & Sánchez, 2016)

Es fundamental adecuar la fertilización según las exportaciones (Ramírez 2017), y según el sistema de manejo (sombra, pleno sol) debido a que la demanda de nutrientes varía entre sistemas y con el cultivo. Una de las mayores limitantes que deben enfrentar los sistemas de producción orgánicos, en busca de su sostenibilidad es el aporte de nutrientes como el

nitrógeno. En este sentido Trujillo y Farfán (2017) en su estudio titulado *E. búcaro gran productor de biomasa en la Amazonía*, el cual consistió en lotes de café caturra plantado a 2x1 m, con tres diferentes tipos de sombra: *Erythrina sp, T. amazonia*, *A. idiopoda*, plantadas a 6x4 m, bajo diferentes sistemas de manejo orgánico y convencional reportó que, el clima es trópico húmedo, con temperatura media anual de 22ºC, precipitación anual de 2600 mm. Los suelos se caracterizaron como aluviales mixtos, Ultisol e Inceptisol, con textura entre franco y franco-arcilloso (primeros horizontes). Destacando los siguientes resultados que se muestran a continuación. (Ver tabla 21)

Tabla 21 Manejo utilizado para cada nivel de insumo en el ensayo comparativo de sistemas orgánico y convencional con tres diferentes tipos de sombra.

Nivel de Insumo	Fertilización *	Control de maleza	Podas
Alto convencional (AC)	800 kg ha/año 18-5-15-6-2. 45kg/ha/año NH_4N0_3, foliares B,Zn.	Uso de herbicida en toda el área del tratamiento.	En poró dos podas totales por año. En Terminalia se realiza dos podas de formación por año.
Medio convencional (MC)	400 kg/ha/año18-5-15-6-2 45 kg/ha/año NH_4N0_3, Foliares: B, Zn.	Uso de herbicidas en la entre calle con control selectivo de maleza y aplicación total en hilera.	En poró dos podas parciales por año. En Terminalia y Abarema se realiza dos podas de formación por año.
Medio orgánico (MO)	Broza 10 t/ha/año, 7.5 t/ha/año de Gallinaza, Roca fosfórica 200kg/ha/año, KMag 200 kg/ha/año.	Manejo mecánico (Azadón, Motoguadaña). Selectivo de malezas	En poró dos podas parciales por año. En Terminalia y Abarema se realiza dos podas de formación por año.

Fuente: (McDaniels, 2018)

En cuanto a la aplicación en la Amazonía, la estimación preliminar de la fijación de nitrógeno, evidenciada en la investigación llevada a cabo por CATIE (2015), reporta que por los valores de reducción de acetileno, parece indicar que la relativamente pequeña exportación de nitrógeno por cosecha (25kg N/hi') podría ser compensada en ausencia de fertilización por el aporte de los árboles de *Erythrina* en plantabione tradicionales.

Manifestó que por una parte la *Erytrhirna sp* retorna parte del nitrógeno fijado, más el nitrógeno es absorbido por las raíces originado de la mineralización del N orgánico de la hojarasca(166 kg N/ha' /afio) y por otra parte las variaciones en el contenido de N de los nódulos de un mes a otro, indican que del N acumulado por fijación en los nódulos, una parte considerable de alrededor de 67kg N/hi' es retomada al suelo por senescencia y descomposición (CATIE-INIAP, 2013).

En este sentido, la estación seca coincide con la mayor caída de hojarasca y la senescencia de los nódulos, los cuales al descomponerse y liberar el nitrógeno al inicio de las lluvias en la zona, éste quedaría disponible para ser utilizado por los árboles del cultivo, que en esta época producen sus frutos.

En otro orden de ideas, en cuanto a los sistemas silvopastoriles, ciertamente estos conducen a la sostenibilidad de los ecosistemas y constituyen una necesidad imperiosa para recuperar la fertilidad de los suelos degradados en las regiones ganaderas. La integración de diferentes componentes en un agroecosistema agrícola intensivo (Sistemas Silvopastoriles) se presenta como una alternativa sostenible, debido al aprovechamiento de las interacciones entre componentes agrícolas, pecuarios y arbóreos. Además de promover un mejor uso del suelo, reducir el uso de insumos externos por la utilización eficiente de productos orgánicos y propiciar el reciclaje continuo de nutrientes. de los agroecosistema

Conclusiones

Con el propósito de determinar el aporte de nitrógeno de la *Erythrina sp* en los sistemas silvopastoriles y su aplicación en la Amazonía Ecuatoriana, se concluyó:

- Sobre la fundamentación teórica las propiedades físicas y conservación edafológica de la especie forrajera *Erythrina sp* para una mejor armonía de los sistemas silvopastoriles. Estableciendo análisis comparativos sobre criterios de tres autores sobre sus investigaciones especificando diferencias y semejanzas entre uno y otro, así como las propiedades y conservación edafológica de la especie, concluyendo que; la altura máxima varía según condiciones y manejo de cultivo entre 15 a 20 cm de alto, amplitud de copa 14m; densidad de follaje alta, compuesta, trifoliada, folíolos obovados, terminales 15cm de largo y 8cm de ancho; floración estacional, sistema radicular superficial, 8,5 cm de largo, sistema de dispersión no determinada; tasa de crecimiento, rápida; tipos de suelo, tolera niveles freáticos altos.
- Con respecto a establecer la importancia de los beneficios de la *Erytrina sp* como aportadora de nitrógeno en los sistemas silvopastoriles de la Amazonía Ecuatoriana, concluyendo que una de las aplicaciones más difundidas para *Erythrina sp*. presenta buenos resultados, debido a que los árboles responden a las fuertes podas evitando que el crecimiento de los pastos disminuya por la amplia sombra que se podría formar.

  En cuanto a la *Erythrina sp,* como aportador de nitrógeno, los resultados reportaron los siguientes compuestos nitrogenados: compuestos solubles, principalmente aminoácidos libres, amidas, nitratos, aminas y ácidos nucleicos, compuestos. La proteína cruda de los forrajes se divide en proteína verdadera y nitrógeno no proteico (NNP); la proteína verdadera de las tres especies, constituyen del 70 % al 90 % del nitrógeno total, el resto está conformado por el NNP soluble y por pequeñas cantidades de nitrógeno lignificado.

Recomendaciones

Se recomienda el fomento de cultivo de la *Erythrina sp* y sus especies como arbustiva forrajeras en beneficio para los sistemas silvopastoriles, siendo una estrategia viable, mediante la cual los productores pueden intensificar la producción ganadera brindando un manejo apropiado de los recursos naturales, lo cual ayudaría a reducir los efectos ambientales de las actividades como la ganadería, permitiéndole al productor mejorar la rentabilidad del sistema, a la vez que propugna el cuidado del ambiente.

Sus múltiples propiedades y beneficios basados en el aporte de nitrógeno hacen de esta un excelente opción para la alimentación de bovinos pero primordialmente para la sustentabilidad de los suelos.

Asimismo, por la cantidad de beneficios y usos, permite que se puedan realizar manejos integrados en fincas, plantaciones y unidades rurales de producción.

Bibliografía

Almeida. (2010). Experiencia en un sistema silvopastoril de Leucaena en Colombia. *Medicina Veterinaria,* 1-10.

Arango. (1994). Leguminosa forrajera arbórea estratégica en los programas de alimentación de ganaderías tropicales Colombianas.

Arguello, J., Mahecha, L., & Angulo, J. (2019). Arbustivas forrajeras: importancia en las ganaderías de trópico bajo. *Agronomía Mesoamericana, 33*(3). Obtenido de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v30n03_899.pdf

Bethancourt, H. (2014). Establecimiento y uso de Sistemas Silvopastoriles en República Dominicana. Obtenido de https://www.biopasos.com/documentos/086.pdf

Cabrera, A., Lammoglia, M., Alarcón, S., C, M., Rojas, R., & Velázquez, S. (2019). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Scielo, 9.* Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322019000100113&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Cabrera, A., Lammoglia, M., S, A., Martínez, C., Rojas, R., & Velázquez, S. (2021). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Scielo, 9.* Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322019000100113&lng=es&nrm=iso&tlng=es

CATIE. (2015). *Erythrina poeppigiana (Walp.)Cook. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.* Costa Rica : CATIE.

CATIE-INIAP. (2013). *Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana.* Orellana : CATIE-INIAP.

Cordoví, E., Ray, O., Nhantumbo, S., & y Chimbalambala, A. (2013). Caracterización de especies arbóreas y arbustivas forrajeras en clima semiárido del sur de Mozambique. *Scielo, 36*(4). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000400004

Cuéllar, P., Rodríguez, L., & Preston, T. (Julio de 2010). Uso del pizamo (Erythrina fusca) como suplemento proteico en dietas de tallo de caña prensado para terneras de levante. *4*(1). Obtenido de http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/lrrd/lrrd4/1/cuellar.htm#:~:text=El%20P%C3%A

Dzamo%20(Erythrina%20fusca)%2C,60%20g%C3%A9neros%20y%20650%20especies.

Domínguez, M. (2015). La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. *Scielo, 10*(1). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100001

Elcacho, J. (25 de Mayo de 2017). Efectos de la ganadería en el medio ambiente. *Bueno y Vegano*. Obtenido de https://www.buenoyvegano.com/2017/04/25/efectos-la-ganaderia-medio-ambiente/

Escalante, & Herrera. (2014). *Fijación de nitrógeno en árboles de sombra (Erythrina poeppigiana).* Venezuela: Agropecuaria Brasileira.

Farfán, F., Baute, J., Meza, H., & Sánchez, P. (2016). Erythrina sp. para sistemas agroforestales con café. Obtenido de https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/702/1/avt0464.pdf

Fernández, Farfán, M., & Sánchez. (2016). *Erythrina sp. para sistemas agroforestales con café*. Obtenido de https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/702/1/avt0464.pdf

Fontagro. (2020). Cambio climático y ganadería. Obtenido de https://www.fontagro.org/new/proyectos/cc-y-ganaderia/es

Forrestal Maderero. (26 de diciembre de 2019). *Pasto imperial – Axonopus scoparius (Flügge) Kuhlm.* Obtenido de https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/pasto-imperial-axonopus-scoparius-flugge-kuhlm.html

Gallegos, E., Morales, S., & Vivas, N. (Julio-Diciembre de 2012). Propuesta para el uso de especies arbóreas y arbustivas forrajeras en sistemas ganderos en el valle del Patía. Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 10*(2). Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a24.pdf

GÓMEZ, & PRESTON. (1996). Centro para la investigación en sistemas sostenibles de produccion Agropecuaria. 81.

Gómez, M., Rodríguez, L., Murgueitio, E., Molina, C., Molina, C., & Molina, P. (2002). Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteica. Obtenido de http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/Arboles_y_arbustos__forrajeros_alimentacion_animal._www.pdf

INIAP. (2020). *Estación Central de la Amazonía INIAP: Estudio de especies arbustivas forrajeras.* Orellana: INIAP.

Leterme. (2011). The high water-holding capacity of pea inner fibers affects the ileal flow of.

Mejía, E., Mahecha, L., & Angulo, J. (2017). Tithonia diversifolia: especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. Obtenido de file:///C:/Users/VICKY/Downloads/43748637023.pdf

Navas, A. (2010). *Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico*. Obtenido de Revista de Medicina Veterinaria, 2(19), 113-

Navas, A. (Enero-junio de 2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. (19). Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n19/n19a10.pdf

Ravarocci, C., & Carrasco, W. (2010). "Tamizaje Fitoquímico, Perfil Cromatográfico y Evaluación de la Actividad Antioxidante in vitro, de las cortezas de Erythrina fusca L., Campsiandra angustifolia S. B., y Swartzia polyphylla DC". Obtenido de file:///C:/Users/VICKY/Downloads/Carlos_Tesis_Titulo_2010.pdf

Ray, E., Nhantumbo, O., & Chimbalambala, A. (2013). Caracterización de especies arbóreas y arbustivas forrajeras en clima semiárido del sur de Mozambique. *Scielo, 36*(4). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000400004

Russo. (2014). *Erythrina: un género versátil en sistemas agroforestales del trópico húmedo.* Costa Rica : CATIE .

Sánchez. (2010). *Especies forrajera: Pizamo.* Colombia: CIPAV.

Santos, J., Castellón, J., & Guharay, F. (2015). Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/292993836_Establecimiento_y_manejo_de_sistemas_silvopastoriles

Sotomayor, A., Moya, I., & Teuber, O. (2009). MAnual de establecimiento y manejo de Sistemas Silvopastoriles en zonas patagónicas de Chile. *Potencia Alimentaria y Forestal*. Obtenido de https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc20b0d207c6.pdf

Tesorero, & Combellas. (2003). Suplementacion de becerros de destete temprano con Gliricidia sepium concentrado . *zootecnia* .

Trujillo, & Fárfan. (2017). *E. Búcaro gran productor de biomasa. Amazonía.* Orellana: Revistas Muebles y Madera.

Zapater. (2010). *EL GÉNERO ERYTHRINA (LEGUMINOSAE) EN ARGENTINA.* Obtenido de https://doi.org/10.14522/darwiniana.2014.482.18