



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ
CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“RESPUESTA AGRONÓMICA DEL BOTÓN DE ORO (*Tithonia diversifolia*) EN ASOCIACIÓN CON ERYTHRINA EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SACHA WIWA DE LA PARROQUIA GUASAGANDA”

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero (a) en agronomía

AUTORES:

Dennisse Anais Alava Rodriguez
Galo Hermogenes Molina Mayorga

TUTOR:

Kleber Augusto Espinosa Cunuhay

LA MANÁ-ECUADOR
FEBRERO-2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Alava Rodriguez Dennisse Anais, con cédula de ciudadanía No. 1208277853, Molina Mayorga Galo Hermogenes, con cedula de ciudadanía No. 1719758946, declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “RESPUESTA AGRONÓMICA DEL BOTÓN DE ORO (*Tithonia diversifolia*) EN ASOCIACIÓN CON ERYTHRINA EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SACHA WIWA DE LA PARROQUIA GUASAGANDA”**, siendo el Ing. Kleber Augusto Espinosa Cunuhay MSc. Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

La Maná, 21 de febrero del 2024

Dennisse Anais Alava Rodriguez
C.C: 1208277853

Galo Hermogenes Molina Mayorga
C.C: 1719758946

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En la calidad de tutor del proyecto de Investigación sobre el título:

“RESPUESTA AGRONÓMICA DEL BOTÓN DE ORO (*Tithonia diversifolia*) EN ASOCIACIÓN CON ERYTHRINA EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SACHA WIWA DE LA PARROQUIA GUASAGANDA”, de Alava Rodriguez Dennisse Anais y Molina Mayorga Galo Hermogenes, de la carrera de Agronomía, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, 21 de febrero del 2024



Kleber Augusto Espinosa Cunuhay
C.C: 0502612740
TUTOR

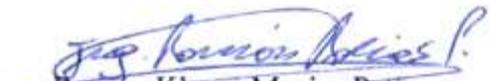
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

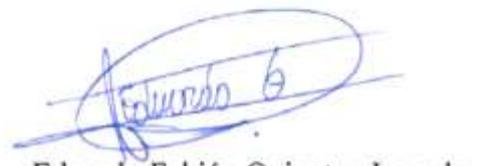
En calidad de Tribunal de lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná; por cuanto, los postulantes: Alava Rodriguez Dennisse Anais y Molina Mayorga Galo Hermogenes, con el título del proyecto de investigación: **“RESPUESTA AGRONÓMICA DEL BOTÓN DE ORO (*Tithonia diversifolia*) EN ASOCIACIÓN CON ERYTHRINA EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SACHA WIWA DE LA PARROQUIA GUASAGANDA”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación

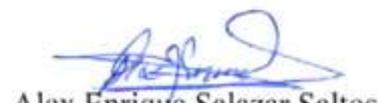
Por lo expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

La Maná, 21 de Febrero del 2024

Para constancia firman:


Ramon Klever Macias Pettao
C.C: 0910743285
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Eduardo Fabián Quinatoa Lozada
C.C: 1804011839
LECTOR 2 (MIEMBRO)


Alex Enrique Salazar Saltos
C.C: 1803595584
LECTOR 2 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, por brindarnos los conocimientos necesarios para nuestra formación profesional.

A todos los docentes que nos han brindado sus enseñanzas y conocimientos a lo largo de nuestra formación académica, en especial a nuestro tutor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma, también extendemos nuestro agradecimiento al Ing. Ricardo Luna por ser el mentor de nuestro proyecto de investigación.

**Dennisse
Galo**

DEDICATORIA

Dedico el esfuerzo de años de estudio a mis padres, Wilter y Maribel, por siempre estar a mi lado en cada paso que doy en la búsqueda de ser mejor persona y profesional.

A mis abuelos maternos y paternos, por brindarme esas fuerzas de ánimo necesarias para continuar y nunca rendirme en los estudios.

A mis hermanas, Genesis y Mayrin por todo su apoyo incondicional, espero les sirva de ejemplo de que todo lo que se propongan se puede lograr.

A mi compañero de vida Maicol Mendez quien siempre me brindo esas fuerzas indispensables para seguir adelante y me hacía reaccionar cuando pensaba que no podía continuar.

A mis tíos, tías, primas y demás familiares por ser mi red de apoyo y por animarme a nunca renunciar.

Dennisse

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mi esposa, hijos, que son mis pilares fundamentales en mi vida, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles y quiero ser su ejemplo a seguir.

A mis padres y a mi mamita Yolita, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores.

A mi Papi Hermogenes, aunque no esté físicamente en este mundo, siento que está conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para el.

A mis suegros y familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Galo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

TÍTULO: “RESPUESTA AGRONÓMICA DEL BOTÓN DE ORO (*Tithonia diversifolia*) EN ASOCIACIÓN CON ERYTHRINA EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SACHA WIWA PARROQUIA DE GUASAGANDA”

Autores:

Alava Rodriguez Dennisse Anais
Molina Mayorga Galo Hermogenes

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el Centro Experimental “Sacha Wiwa” de la parroquia Guasaganda, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, el Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) conocido por su capacidad de adaptación a cualquier tipo de suelo, es capaz de tolerar condiciones de muy poca fertilidad y acidez del suelo, se caracteriza por ser una de las especies que posee una gran producción de biomasa y no tiene una demanda exigente entorno a su manejo y cultivo teniendo en cuenta a los impactos que se enfoca la investigación tanto como ambiental, social, económico y técnico para el estudio de la asociación de cultivos en la parroquia Guasaganda, con el enfoque de regenerar y conservar la biodiversidad microbiana existente en el suelo y ecosistema, se evaluó la Respuesta Agronómica del Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en asociación con *Erythrina*, donde se establecieron los siguientes objetivos de investigación: Analizar el comportamiento agronómico del Botón de oro en asociación con *Erythrina*, determinar la composición química del suelo de la asociación de Botón de oro y *Erythrina*, establecer los costos de establecimiento del cultivo de Botón de oro asociado con *Erythrina*. De esta forma se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con dos tratamientos y 13 repeticiones. Se evaluaron variables agronómicas demostrando la eficacia de la investigación en torno a la asociación, el mejor tratamiento fue T2 en todas las variables, altura de planta 69,44 cm, número de ramas 8,05, diámetro de tallo 18,77 cm, circunferencia foliar 87,96 cm, número de hojas 56,15 y largo de tallo 37,89 cm. Los resultados obtenidos en el tratamiento de botón de oro sin asociación presentaron resultados menores, el análisis de suelo demuestra el aumento de materia orgánica de 5,38% a 11,13%, y nitrógeno total inicial 0,30 y final de 0,38. Los costos de establecimiento del T2 fueron \$123,8, se presenta como la opción más beneficiosa para los agricultores.

Palabras clave: asociación, composición, planta, suelo, variables.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

EXTENSION LA MANA

Authors:

Alava Rodriguez Dennisse Anais

Molina Mayorga Galo Hermogenes

THEME: “AGRONOMIC RESPONSE OF THE TREE MARIGOLD (*Tithonia diversifolia*) IN ASSOCIATION WITH ERYTHRINA AT THE SACHA WIWA EXPERIMENTAL CENTER IN GUASAGANDA”

ABSTRACT

The study was conducted at the “Sacha Wiwa” Experimental Center in Guasaganda parish, La Maná canton, Cotopaxi province. The Tree Marigold (*Tithonia diversifolia*), known for its ability to adapt to any type of soil, is capable of tolerate conditions of very low fertility and soil acidity, it is characterized by being one of the species that has a large biomass production and does not have a high demand regarding its management and cultivation taking into account the impacts that the research focuses on both as environmental, social, economic and technical for the study of the association of crops in the Guasaganda parish, with the focus of regenerating and conserving the existing microbial biodiversity in the soil and ecosystem, the agronomic response of the Tree Marigold (*Tithonia diversifolia*) was evaluated in association with Erythrina, where the following research objectives were established: To analyze the agronomic behavior of this plant in association with Erythrina, to determine the chemical composition of the soil of the association of Tree Marigold and Erythrina, to establish the costs of the cultivation of Tree Marigold associated with Erythrina. This way, a completely randomized block experimental design (CRBD) was carried out with two treatments and 13 repetitions. Agronomic variables were evaluated demonstrating the effectiveness of the research around the association, the best treatment was T2 in all variables, plant height 69.44 cm, number of branches 8.05, stem diameter 18.77 cm, circumference leaf 87.96 cm, number of leaves 56.15 and stem length 37.89 cm. The results obtained in the treatment of tree marigold without association presented minor results, the soil analysis shows the increase in organic matter from 5.38% to 11.13%, and initial total nitrogen 0.30 and final 0.38. The establishment costs of T2 were \$123.8, it is presented as the most beneficial option for farmers.

Keywords: association, composition, plant, soil, variables.

INDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA | ii |
| AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | iii |
| AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| DEDICATORIA | vi |
| DEDICATORIA | vii |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| INDICE GENERAL | x |
| INDICE DE TABLAS | xiii |
| 1.INFORMACIÓN GENERAL | 1 |
| 2.DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 2 |
| 3.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO | 3 |
| 4.BENEFICIARIOS DEL PROYECTO | 3 |
| 4.1.Beneficiarios directos | 3 |
| 4.2.Beneficiarios indirectos | 4 |
| 5.PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 4 |
| 6.OBJETIVOS | 5 |
| 6.1.Objetivo General..... | 5 |
| 6.2.Objetivos específicos..... | 5 |
| 7.ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS | 6 |
| 8.FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA | 7 |
| 8.1.Descripción botánica del Botón de oro..... | 7 |
| 8.1.1.Origen y distribución | 7 |
| 8.1.2.Descripción Taxonómica..... | 7 |
| 8.1.3.Características botánicas..... | 7 |
| 8.1.4.Propagación | 10 |
| 8.1.5.Establecimiento | 10 |
| 8.1.6.Control de malezas | 11 |
| 8.1.7.Fertilización | 11 |
| 8.1.8.Características nutricionales | 12 |
| 8.1.9.Producción de biomasa..... | 13 |
| 8.1.10.Calidad del forraje | 13 |

| | |
|--|----|
| 8.2.Descripción botánica de Erythrina | 14 |
| 8.2.1.Origen y distribución | 14 |
| 8.2.2.Descripción taxonómica | 14 |
| 8.2.3.Características botánicas..... | 15 |
| 8.2.4.Características nutricionales | 17 |
| 8.2.5.Fertilización | 17 |
| 8.2.6.Reproducción..... | 17 |
| 8.2.7.Condiciones edafoclimáticas | 18 |
| 8.3.Asociación de cultivos..... | 18 |
| 8.3.1.Importancia de la asociación de cultivo | 19 |
| 8.3.2.Tipos de asociación de cultivo..... | 19 |
| 8.3.3.Estrategias de asociación | 21 |
| 8.4.Fijadores de nitrógeno | 21 |
| 8.4.1.Interacciones microbianas | 21 |
| 8.4.2.Ecología de comunidades | 22 |
| 8.4.3.Biodiversidad del suelo | 23 |
| 8.4.4.Conservación de la biodiversidad del suelo | 24 |
| 8.5.Macroelementos esenciales del suelo | 24 |
| 8.5.1.Nitrógeno | 24 |
| 8.5.2.Fósforo | 25 |
| 8.5.3.Potasio | 25 |
| 8.5.4.Magnesio | 26 |
| 8.5.5.Azufre | 26 |
| 8.6.Antecedentes de estudio | 26 |
| 9.PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS | 28 |
| 10.METODOLOGÍA..... | 28 |
| 10.1.Ubicación y duración del estudio | 28 |
| 10.2.Condiciones agrometeorológicas..... | 28 |
| 10.3.Tipo de investigación | 29 |
| 10.3.1.Investigación descriptiva | 29 |
| 10.3.2.Investigación experimental..... | 29 |
| 10.3.3.Investigación analítica | 29 |
| 10.4.Técnicas de investigación..... | 30 |
| 10.4.1.Registro y tabulación de datos..... | 30 |
| 10.5.Materiales y equipos..... | 30 |

| | |
|---|----|
| 10.6.Diseño experimental | 30 |
| 10.7.Esquema del experimento..... | 31 |
| 10.8.Análisis de varianza..... | 31 |
| 10.9.Manejo de la investigación..... | 31 |
| 10.10.Variable evaluadas en botón de oro y Erythrina..... | 33 |
| 10.10.1.Altura de planta (cm)..... | 33 |
| 10.10.2.Diámetro de tallo (cm)..... | 33 |
| 10.10.3.Circunferencia foliar (cm) | 33 |
| 10.10.4.Número de hojas..... | 33 |
| 10.10.5.Número de ramas..... | 33 |
| 10.10.6.Largo del tallo (cm) | 33 |
| 10.10.7.Análisis de suelo..... | 34 |
| 10.10.8.Análisis de costos | 34 |
| 11.RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 34 |
| 11.1.Altura de planta | 34 |
| 11.2.Diámetro del tallo | 35 |
| 11.3.Circunferencia foliar..... | 35 |
| 11.4.Largo del tallo..... | 36 |
| 11.5.Número de ramas..... | 37 |
| 11.6.Número de hojas..... | 38 |
| 11.7.Análisis de suelo..... | 38 |
| 11.8Análisis de costos | 39 |
| 12.IMPACTOS | 41 |
| 12.1.Ambiental | 41 |
| 12.2.Social | 41 |
| 12.3.Económico..... | 41 |
| 12.4.Técnico | 41 |
| 13.PRESUPUESTO..... | 42 |
| 14.CONCLUSIONES..... | 43 |
| 15.RECOMENDACIONES | 43 |
| 16.BIBLIOGRAFÍA | 44 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados. | 6 |
| Tabla 2. Clasificación taxonómica de <i>Tithonia diversifolia</i> | 7 |
| Tabla 3. Clasificación Taxonómica de <i>Erythrina poeppigiana</i> | 15 |
| Tabla 4. Condiciones agro meteorológicas del Centro Experimental “Sacha Wiwa”. | 29 |
| Tabla 5. Materiales y equipos utilizados en la investigación. | 30 |
| Tabla 6. Tratamientos y repeticiones. | 31 |
| Tabla 7. Fuentes de variación. | 31 |
| Tabla 8. Diámetro del tallo de la planta de los tratamientos del Botón de oro en asociación con <i>Erythrina</i> | 35 |
| Tabla 9. Circunferencia foliar de la planta de los tratamientos del Botón de oro en asociación con <i>Erythrina</i> | 36 |
| Tabla 10. Largo del tallo de la planta de los tratamientos del Botón de oro en asociación con <i>Erythrina</i> | 37 |
| Tabla 11. Número de ramas de la planta de los tratamientos del Botón de oro en asociación con <i>Erythrina</i> | 37 |
| Tabla 12. Número de ramas de la planta de los tratamientos del Botón de oro en asociación con <i>Erythrina</i> | 38 |
| Tabla 13. Análisis de suelo antes de la siembra para la asociación del Botón de oro y <i>Erythrina</i> en el centro experimental Sacha Wiwa, parroquia de Guasaganda. | 38 |
| Tabla 14. Análisis de suelo después de la siembra para la asociación del Botón de oro y <i>Erythrina</i> en el centro experimental Sacha Wiwa, parroquia de Guasaganda. | 39 |
| Tabla 15. Análisis de costos de establecimiento de los tratamientos. | 40 |
| Tabla 16. Presupuesto de la investigación. | 42 |

1. INFORMACIÓN GENERAL

| | |
|-----------------------------------|--|
| Título del proyecto | Respuesta agronómica del Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>) en asociación con Erythrina en el Centro Experimental Sacha Wiwa de la parroquia Guasaganda |
| Fecha de inicio: | Octubre del 2023 |
| Fecha de finalización: | Febrero del 2024 |
| Lugar de ejecución: | Parroquia Guasaganda , Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi |
| Facultad que auspicia: | Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná |
| Carrera que auspicia: | Agronomía |
| Proyecto de Investigación: | Fomento productivo |
| Equipo de trabajo: | Dennisse Anais Alava Rodriguez |
| Tutor del proyecto: | Galo Hermogenes Molina Mayorga Kleber Augusto Espinoza Cunuhay |
| Área de conocimiento: | Agricultura, silvicultura y pesca |
| Línea de investigación: | Producción Agrícola sostenible |

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación forma parte del proyecto Fondo de Investigación para la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable en Ecuador (FIASA), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ente adscrito al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), las entidades descritas se encargan de financiar proyectos enfocados en áreas estratégicas, en este caso, la conservación y el uso de recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación (RFAA), por lo tanto, se llevó a cabo en el Centro Experimental Sacha Wiwa, perteneciente a la parroquia de Guasaganda, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, con la finalidad de evaluar la respuesta agronómica del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en asociación con Erythrina.

La asociación de cultivos permite un aprovechamiento de los recursos del medio, el botón de oro es una planta de usos múltiples en la agricultura sostenible, y Erythrina es utilizado como una fuente agroecológica en los campos de pastoreo, por lo tanto, el propósito del estudio es realizar una asociación entre estas dos especies de cultivos, para fomentar la recuperación de suelos que han sido degradados a través del tiempo por el pastoreo excesivo, en el inicio del estudio se procedió a tomar muestras de suelo para conocer su estado entorno a sus macroelementos y de la parte aérea de las plantas en estudio, el análisis de suelo se realizó en AGROLAB, posteriormente se realizaron tomas de muestras para los laboratorios al inicio y al final de la investigación (Álava, 2022).

En el transcurso del estudio, se tomaron las siguientes variables en (*Tithonia diversifolia*): altura de planta, número de ramas, diámetro de tallo, circunferencia foliar, número de hojas, largo de tallo, análisis de suelo y análisis de costos de la investigación, de las mismas variables que fueron tomadas en la asociación de Botón de oro con Erythrina. Se evaluaron 2 tratamientos y 13 repeticiones, con 13 plantas por repetición, siendo un total de 104 unidades experimentales, se utilizaron Excel e INFOSTAT 2023 para la tabulación de datos y se aplicó la prueba de Tukey al 5% en los resultados obtenidos.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En América, la asociación de cultivos representa una alternativa ecológica para los suelos que han sido explotados con la ganadería y el monocultivo. Por lo tanto, la asociación de botón de oro y erythrina busca incorporar macro y microelementos al suelo con el aporte de biomasa, para recuperar los suelos que han sido perjudicados, pudiendo evaluar de esta manera las propiedades químicas del suelo antes y después de la asociación, por lo que se conocerá el pH, la cantidad de materia orgánica, los macro y micronutrientes del suelo, para poder obtener un suelo apto para cualquier tipo de cultivo (Álava, 2022).

En el Ecuador, es necesaria la búsqueda de alternativas sostenibles debido a los efectos negativos de la práctica inadecuada del pastoreo y el monocultivo, que conducen a la infertilidad del suelo y la erosión. Por esta razón, se propuso la asociación del Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) y la Erythrina como una opción sostenible y ecológica para los agricultores, disponible en todo momento. Esto se plantea como una medida para abordar los desafíos ambientales y mejorar la sostenibilidad en la agricultura (Fuentes O. , 2018).

En el presente proyecto de investigación realizado en la Universidad Técnica de Cotopaxi con el financiamiento de FIASA se evaluó la asociación del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) con Erythrina, en suelos que han sido degradados en su estructura física y química por el pastoreo excesivo, y el mal uso de los recursos ecológicos del medio. Esta investigación se direcciona a fomentar la regeneración de suelos compactados por la ganadería en el centro Experimental Sacha Wiwa en el Cantón La Maná, estas áreas tienen alteraciones en sus propiedades químicas, su pH bajo indica que no tiene disponibilidad de nutrientes, lo que representa limitaciones para los cultivos, debido a estos motivos no se puede realizar una adecuada agricultura.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos de la investigación son los estudiantes del colegio “Jatari Unancha” Intercultural Bilingüe, los agricultores de la zona, la asociación de campesinos lamanenses (ASCALA), y el personal que yace en el Centro Experimental Sacha Wiwa, adicional al área de investigación.

4.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos de la investigación, son los estudiantes y docentes de la carrera de ingeniería agronómica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión “La Maná”, quienes conocerán la respuesta agronómica de la asociación de (*Tithonia diversifolia*) y (*Erythrina*).

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La agricultura en Ecuador enfrenta un desafío significativo, ya que cerca del 50% de los suelos utilizados para el pastoreo han sufrido una pérdida severa de fertilidad y deterioro estructural. Esto ha resultado poseer una baja producción a nivel nacional y ha afectado negativamente a los pequeños agricultores que dependen del pastoreo. Con el tiempo, la erosión del suelo dificulta aún más la producción de forraje. Por lo tanto, esta investigación busca promover la práctica de asociación de cultivos como una estrategia para recuperar los suelos degradados (Santillán, 2022).

Actualmente la asociación de cultivos es muy poco conocida, y el aprovechamiento de las distintas especies arbóreas es muy pobre, en el Ecuador, el botón de oro es muy poco conocido, mientras que la *Erythrina* es un cultivo recurrente para las cercas de los potreros de los bovinos. Se indica también que las laderas son lugares que presentan afectaciones por los campesinos entorno a la agricultura, las provincias más afectadas son: Cotopaxi, Chimborazo y Bolívar por sus fuertes vientos, lluvias a grandes escalas, la mala práctica agrícola, y la eliminación de las cubiertas vegetales aumenta el índice de erosión del suelo (Martínez, 2022).

En la parroquia Guasaganda, la mayoría de los agricultores y ganaderos carecen del conocimiento adecuado sobre cómo manejar el suelo utilizando técnicas de asociación de cultivos. En su lugar, confían principalmente en el pastoreo, lo que conduce a la degradación del suelo y a un crecimiento insuficiente de la *Erythrina*, una planta que podría tener beneficios ambientales. Además, no consideran al Botón de Oro como una opción viable. Por lo tanto, el propósito de esta investigación fue examinar cómo la asociación entre el Botón de Oro y la *Erythrina* podría mejorar las propiedades del suelo y aumentar la producción de biomasa, con el objetivo final de mejorar el rendimiento de los cultivos (Ponce2019).

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

- Evaluar la respuesta agronómica del botón de oro (*Thithonia diversifolia*) en asociación con Erythrina en el Centro Experimental “Sacha Wiwa” parroquia Guasaganda

6.2. Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento agronómico del Botón de oro (*Thithonia diversifolia*) en asociación de Erythrina
- Determinar la composición química del suelo de la asociación de Botón de oro y Erythrina
- Establecer los costos de establecimiento del cultivo de Botón de oro (*Thithonia diversifolia*) asociado con Erythrina

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

| OBJETIVOS | ACTIVIDADES | RESULTADOS | VERIFICACIÓN |
|--|--|---|---|
| | | Variables en Botón de oro | |
| Analizar el comportamiento agronómico de las variables de Erythrina con el aporte de biomasa de Botón de oro (<i>Thithonia diversifolia</i>) | Registro de variables de acuerdo a cada uno de los tratamientos establecidos | *Altura de planta (cm) *Diámetro de tallo (cm) *Circunferencia foliar (cm) *Número de hojas *Número de ramas *Largo de tallo (cm) *Análisis de suelo *Análisis de costos | *Libreta de campo *Análisis de muestras en laboratorio |
| Realizar análisis químicos para comprobar los macros y micro elementos que poseen el suelo y los cultivos en asociación | Toma de muestras del suelo | *Incremento de nutrientes en el suelo | *Libreta de campo *Análisis de muestras en laboratorio |
| Establecer los costos de establecimiento del cultivo de botón de oro (<i>Thithonia diversifolia</i>) asociado con Erythrina | Registros de costos de establecimiento por tratamientos | *Valores de costos | *Cuaderno de campo *Facturas |

Elaborado por: Alava y Molina (2024).

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Descripción botánica del Botón de oro

8.1.1. Origen y distribución

El Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) es una planta herbácea de la familia Asteráceas, originaria de América, es conocida por su notable adaptabilidad a diversos tipos de suelo, tolerando condiciones de poca fertilidad y acidez, destaca por su capacidad para producir una gran cantidad de biomasa y su rápido crecimiento, el género *Tithonia* incluye más de 10 especies distribuidas principalmente en el área tropical de Centroamérica, este arbusto es conocido por varios nombres comunes, como falso girasol o árbol maravilla, y a menudo se confunde con otras plantas debido a sus similitudes morfológicas, destaca por su capacidad de adaptación a diversos tipos de suelo, tolerando condiciones de baja fertilidad y acidez, es conocida por su rápido crecimiento y alta producción de biomasa, lo que la hace valiosa en agricultura y agroforestería, el género *Tithonia* incluye más de 10 especies, distribuidas principalmente en áreas tropicales, en algunas regiones, se le conoce como "falso girasol" o "árbol maravilla", aunque su morfología puede confundirse con otras plantas. (Zamora, 2019).

8.1.2. Descripción Taxonómica

En la tabla 2 se encuentra la clasificación taxonómica del Botón de oro:

Tabla 2. Clasificación taxonómica de *Tithonia diversifolia*.

| | |
|-----------|--|
| División: | Spermatophyta |
| Clase: | Dicotyledonae |
| Subclase: | Metaclamídeas |
| Orden: | Campanuladas |
| Familia: | Compositae |
| Género: | <i>Tithonia</i> |
| Especie: | <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray |

Fuente: (Vásquez, 2022).

Elaborado por: Alava y Molina (2024).

8.1.3. Características botánicas

El cultivo de *Tithonia diversifolia* se destaca por ser una planta que puede alcanzar alturas desde 1.5 hasta 4 metros. Sus ramas son robustas y poseen hojas alternas y pecioladas, que pueden medir entre 7 y 20 centímetros de largo y entre 4 y 20 centímetros de ancho, estas hojas pueden

tener de 3 a 5 lóbulos profundos y cónicos, truncados en la base, esta especie presenta una amplia adaptación a diferentes rangos altitudinales, desde el nivel del mar hasta los 2500 metros. Requiere una precipitación anual entre 800 y 5000 mililitros, y su rango óptimo de temperatura para la siembra oscila entre los 14 y 30 grados Celsius, puede tolerar suelos con pH que varía de 4 a 8, y su fertilidad puede ser baja o alta sin afectar su desarrollo, gracias a su gran capacidad adaptativa a suelos ácidos o alcalinos, una de sus limitaciones incluye la saturación de los aniones de aluminio con iones (Panchana, 2022).

Se caracteriza por su capacidad de crecimiento, pudiendo alcanzar alturas que van desde 1.5 hasta 4 metros, y por sus hojas grandes, alternas y lobuladas, con pecíolos largos, que pueden tener dimensiones que varían entre 7 y 20 centímetros de largo y de 4 a 20 centímetros de ancho. Sus flores amarillas, llamativas y vistosas, se agrupan en inflorescencias ubicadas en la parte terminal de la planta, dando origen a frutos en forma de aquenios, que contienen una sola semilla pequeña y alada, lo que facilita su dispersión mediante el viento, esta planta demuestra una notable capacidad de adaptación a diferentes tipos de suelo, niveles de pH y altitudes. Además, su rápido crecimiento la convierte en una opción valiosa para la recuperación de suelos degradados y como cortina rompevientos en una variedad de entornos (Acosta, 2017).

El género *Bidens*, que incluye la planta comúnmente conocida como "botón de oro", , estas plantas se encuentran en una variedad de hábitats, como praderas, bordes de caminos, márgenes de arroyos y áreas pantanosas en estas regiones, algunas especies de *Bidens* se han naturalizado en otras partes del mundo, como Europa, Asia y África, donde pueden convertirse en plantas invasoras, el botón de oro es apreciado por su belleza ornamental, así como por sus posibles usos medicinales y culinarios en diferentes culturas, sin embargo, es importante tener cuidado con las especies invasoras para evitar problemas en los ecosistemas locales (Zamora, 2019).

8.1.3.1. El fruto y semilla

El Botón de oro, conocido científicamente como *Tithonia diversifolia*, es una planta que produce una sola semilla, llamada cápsula o aquenio, la cual tiene una forma rectangular y puede alcanzar hasta 6 milímetros de longitud. Esta cápsula puede presentar un recubrimiento en su superficie y en su extremo superior un vilano de hasta 4 milímetros de largo, acompañado por 6 a 10 escamas de 2,5 milímetros de longitud, unidas en la base con segmentos de margen estrecho. Los frutos del Botón de oro consisten en aquenios y semillas pequeñas y aladas, que son esenciales para su reproducción y ciclo de vida. Estos frutos, característicos de la familia

Asteraceae, son alargados y estrechos, mientras que las semillas, gracias a sus alas, se dispersan fácilmente con el viento, lo que facilita la colonización de nuevos hábitats y la adaptación a diferentes entornos. Es importante tener en cuenta que, aunque las semillas pueden ser recolectadas y utilizadas para propagar la especie, se debe considerar su potencial invasivo para evitar impactos negativos en los ecosistemas locales (Panchana, 2022).

8.1.3.2. La hoja

Las hojas del Botón de oro se disponen de manera alterna en el tallo y tienen un pecíolo que las sostiene, su longitud puede variar significativamente, desde 7 hasta 20 centímetros, y presentan bordes aserrados, el follaje de esta planta es una excelente opción como alimento para animales, ya que es rico en proteínas y favorece un rápido crecimiento, además, el Botón de oro tiene una notable capacidad para producir biomasa, y se recupera rápidamente después de la poda, la densidad de siembra, las características del suelo y el estado vegetativo de la planta son factores importantes que influyen en su crecimiento y desarrollo (Ramírez, 2018).

Las hojas del Botón de oro, científicamente conocido como *Tithonia diversifolia*, son notables por su tamaño y forma distintiva, son grandes, alternas y lobuladas, con pecíolos largos que las sostienen, la hoja puede variar en tamaño, pero típicamente oscila entre 7 y 20 centímetros de largo y de 4 a 20 centímetros de ancho, su forma se caracteriza por bordes irregulares y lóbulos profundos y cóncavos, la textura de la hoja es áspera al tacto y su color generalmente es un verde intenso, además, pueden presentar vellosidades en la superficie, especialmente en el envés, estas características no solo contribuyen a la capacidad de la planta para realizar la fotosíntesis, sino que también la ayudan a adaptarse a diversos entornos (Acurio y Calle, 2022).

8.1.3.3. La raíz

La raíz del Botón de oro, también conocido como *Tithonia diversifolia*, desempeña un papel crucial en el desarrollo de la planta, esta especie herbácea perenne cuenta con un sistema radicular fibroso y extenso que se adentra profundamente en el suelo en busca de nutrientes y agua, además de proporcionar estabilidad estructural a la planta, la raíz facilita la absorción de agua y nutrientes del suelo, contribuyendo así a su crecimiento y desarrollo, asimismo, al extenderse en el suelo, la raíz del Botón de oro mejora su estructura, promoviendo la biodiversidad microbiana y la aireación del suelo, lo que beneficia tanto a la planta como al ecosistema circundante, en conjunto, estas funciones hacen que la raíz del Botón de oro sea una

parte fundamental de su ciclo vital y de su contribución al entorno en el que crece. Las principales funciones de la forma de la raíz es aprovechar a que la planta absorba nutrientes agua y sales minerales según su modo de reproducción que es fundamental cuando es sexual y adventicia cuando es asexual (Panchana, 2022).

8.1.4. Propagación

La propagación de *Tithonia diversifolia* se lleva a cabo mediante la obtención de material vegetativo o estacas que tengan al menos dos yemas capaces de germinar, estas estacas deben ser seleccionadas de la parte intermedia del tallo y deben estar en un estado de madurez adecuado, ni muy jóvenes ni muy lignificadas, se descartan las partes leñosas y las puntas de las ramas, la calidad del material utilizado en este proceso es crucial, ya que influye directamente en la producción de biomasa, que puede variar entre 20 y 40 cm de altura, es importante realizar un corte preciso y limpio para evitar dañar las plantas y asegurar la viabilidad de las yemas germinales (Sanabria & Avila 2015).

El Botón de oro, también conocido como (*Tithonia diversifolia*), puede multiplicarse tanto a través de la siembra de semillas maduras como por propagación vegetativa mediante estacas, en el caso de la siembra de semillas, estas deben ser recolectadas de plantas maduras y secas, para luego ser sembradas en un suelo bien preparado y mantenerse húmedas para favorecer su germinación, en cuanto a la propagación vegetativa, implica la toma de estacas de partes maduras de la planta, preferiblemente de la parte media del tallo, estas estacas se plantan en un sustrato adecuado y se mantienen en condiciones óptimas hasta que desarrollen raíces. Independientemente del método utilizado, es fundamental proporcionar las condiciones adecuadas de crecimiento para garantizar el éxito del proceso y el desarrollo saludable de las nuevas plantas (Borges & Barrios, 2015).

8.1.5. Establecimiento

El establecimiento del Botón de oro a través de la siembra de semillas sexuales es una alternativa práctica y económica para la siembra directa en el campo, sin embargo, es importante tener en cuenta que la germinación de estas semillas puede verse afectada por las condiciones ambientales durante la época de siembra, además, se debe considerar la disponibilidad del material de siembra, ya que estudios han demostrado que el uso de semillas sexuales puede ser más ventajoso en términos de costos, aunque el crecimiento inicial de las plantas derivadas de semillas puede ser más lento en comparación con las obtenidas a partir de

estacas, se anticipa que el sistema radicular de estas plantas será más desarrollado, esto podría resultar en una mejor adaptación al suelo y una mayor capacidad de extracción de nutrientes (Gallego, 2016).

El establecimiento de la especie Botón de oro requiere pocos microorganismos en el suelo, ya que tiene la capacidad de mejorar suelos poco fértiles y convertirlos en fértiles al retener nitrógeno y transformarlo en una especie con alto contenido de proteínas, una vez establecidas las estacas de Botón de oro, se inicia el monitoreo desde el primer signo de rebrote o germinación de las plantas, la mejor opción de propagación de esta especie, su establecimiento agronómico, su comportamiento en germinación, crecimiento y niveles nutricionales se evalúan, con un corte a los 60 días de edad, esto se realiza para aprovechar al máximo sus niveles nutricionales eficientes durante su período de crecimiento y facilitar su implementación como suplemento, en respuesta a los altos costos de producción continuos de concentrados, este enfoque brinda una oportunidad de mejorar la calidad de la producción. (Sanabria & Avila, 2015).

8.1.6. Control de malezas

El control de malezas es una práctica recurrente en muchos sentidos, por lo tanto, es indispensable conocer la dependencia ecológica del mismo, debido a que las semillas de las malezas pueden encontrarse en el suelo en un estado de dormancia, por lo que lo más básico es impedir la formación de las semillas (Medina, 2008).

Las especies arbustivas y árboles son potencialmente significativas en la alimentación animal, dentro de las cuales enfatizan que: sean de fácil establecimiento, que compitan con éxito contra malas hierbas, que se adapten con facilidad a diferentes condiciones edáficas que mejoren con poco o nada de fertilizantes (García, 2017).

8.1.7. Fertilización

El Botón de oro, también conocido científicamente como (*Tithonia diversifolia*), puede beneficiarse de una fertilización adecuada para favorecer su crecimiento y rendimiento, es importante realizar un análisis del suelo para determinar las necesidades específicas de nutrientes de la planta, se puede emplear una combinación de abonos orgánicos, como compost o estiércol bien descompuesto, que aportan nutrientes de manera gradual y mejoran la estructura

del suelo, asimismo, los fertilizantes químicos balanceados pueden ser útiles si se aplican siguiendo las recomendaciones específicas para el cultivo, sin embargo, es esencial evitar la sobre fertilización, ya que puede provocar la lixiviación de nutrientes y daños ambientales, además de la fertilización, es necesario asegurar condiciones óptimas de riego, luz y temperatura para promover el crecimiento saludable del Botón de oro, un adecuado manejo de la fertilización y prácticas de cultivo sostenibles, se puede maximizar el potencial productivo de esta planta (Alcantara, 2018).

Una fertilización mínima se utiliza por hectárea (P₂O₅) óxido de fósforo: 57,25 kg, (K₂O) óxido de potasio: 24 kg, (MgO) óxido de magnesio: 33 kg, (SO₄) ácido sulfúrico: 59 kg. Se ha observado que la producción disminuye con cortes sucesivos. Por lo tanto, su uso es destinado para el consumo animal y se recomienda fertilizar con materia orgánica y riego después de cada corte (Barcia, 2022).

8.1.8. Características nutricionales

El Botón de oro posee un amplio rango de adaptabilidad, tolera condiciones de suelo ácido y bajos niveles de fertilidad del suelo, y también es una especie capaz de producir mucha biomasa con poca necesidad de alimento, creciendo rápidamente y sin necesidad de muchas actividades culturales para su manejo, además posee importantes características nutricionales que le permiten ser considerada como una especie con potencial para la alimentación animal, hay informes sobre su uso en otros países para atraer insectos benéficos a los cultivos, como antiparasitario animal, como almohada para cama en una ganadería y como abono verde en cultivos, este último uso es el más utilizado (Panchana, 2022).

Se encontraron valores de contenido de hojas (%) en Botón de oro de 35,2% con densidades de 1,33 plantas por metro cuadrado, inferiores a los reportados en este ensayo, con dosis crecientes de nitrógeno, señalan una relación hoja-tallo de 1,4 en *Tithonia*, al aumentar la cantidad de hojas disponibles en un banco proteico o cultivo forrajero, incrementa la cantidad de nutrientes, se encontró que el contenido de proteína cruda variaba de 28,51%, a los 30 días de edad, a 14,84% de la materia seca, los contenidos de calcio y fósforo, expresados como porcentaje de la materia seca, disminuían a medida que se desarrollaba la planta, de 2,25% a 1,65% para el calcio, y de 0,39% a 0,32% para el fósforo, los valores de magnesio variaron entre 0,046% y 0,069% de la materia seca (Cerdas, 2018).

8.1.9. Producción de biomasa

La producción potencial de biomasa en el primer corte bajo las condiciones y densidades de siembra evaluadas (2.66; 1.77 y 1.33 plantas m²), fue de 82; 57 y 46 t ha⁻¹, además es una especie con alta capacidad de producción de biomasa (82; 57 y 42 t ha⁻¹) en densidades de 2600; 1800 y 670 plantas ha⁻¹, respectivamente (24), la producción de forraje verde estimada es de alrededor de 30 a 70 t ha⁻¹, dependiendo de la densidad de siembra, suelos y estado vegetativo, con una producción potencial de forraje de 31.46 t ha⁻¹ en densidades de siembra de 0.75 x 0.75 m y una producción potencial de 21.16 t ha⁻¹ en densidades de 1.0 x 0.75 m, pueden producir hasta 275 t de material verde (unas 55 t de materia seca) por hectárea por año (García, 2017).

Una de las características más sobresalientes en esta planta, es el valor nutricional del follaje, puede acumular proteínas en sus hojas (hasta 33%), altos contenidos de fósforo, alta digestibilidad de materia seca y presencia de aceites en hojas y flores, además, presenta un 39,8% de azúcares totales y puede alcanzar alta concentración de carbono en su biomasa aérea, mayor de 77 t/ha/año (López *et al* 2019).

8.1.10. Calidad del forraje

La calidad nutritiva se refiere el grado en el cual un alimento de tipo forraje tiene el potencial de producir una respuesta animal anhelada, más necesariamente, un forraje es de calidad, cuando permite la expresión del potencial del ganado de producir carne, leche, y otros productos mediante el uso de los nutrientes que dispone; es decir, el tipo y la cantidad de nutrientes digestibles disponibles para el animal por unidad de tiempo, acumulación de metabolitos en forma de reservas que le admitan el rebrote, así como sobrellevar condiciones de sequía, frío extremo, pastoreo o corte, síntesis de sustancias de resistencia, (tales como lignina, fenoles, alcaloides, etc.) que le permitan a la planta enfrentar amenazas como el viento y enfermedades, altos contenidos de proteína del 18 al 20%, altos contenidos de fósforo, excelente digestibilidad, contenido de taninos y fenoles bajos, se produce entre 1.3 y 2 kg de forraje por planta (García, D, 2017).

El rendimiento de forraje es el factor que controla la extracción y el consumo de nutrientes, y la práctica de fertilización adquiere mayor significado en aquellas especies con alto potencial genético de producción, para identificar la dosis apropiada de fertilizante se debe tomar en

cuenta el nivel esperado de producción de forraje, las condiciones del suelo, el ambiente, la tecnología aplicada y el potencial genético de productividad de la especie, el botón de oro presenta niveles altos de carbohidratos solubles comparada con otras forrajeras; es alta en minerales y la presencia de metabolitos secundarios antinutritivos, especialmente taninos condensados, parece no ser alta, las dosis crecientes de nitrógeno causaron una tendencia de la *Tithonia* a incrementar la producción de forraje seco, el contenido de hojas del forraje y el porcentaje y producción de proteína, pero sólo mostró significancia la diferencia entre las dosis de 100 kg y 200 kgN.ha⁻¹.año⁻¹, que corresponden a 33,3 kg y 66,7 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹ en los tres cortes anuales (Cerdas, 2018).

8.2. Descripción botánica de *Erythrina*

8.2.1. Origen y distribución

El origen de la *Erythrina* no es muy claro, debido a que no se ha encontrado ningún registro fósil del género. Mucha diversificación de *Erythrina* ha ocurrido independientemente en África y América y en menor grado en Asia, sin embargo América del Sur parece ser su lugar de origen, el género *Erythrina* comprende cerca de 112 especies distribuidas alrededor de las regiones tropicales y subtropicales del mundo en áreas de temperaturas calientes, como África, Himalaya, China Meridional, Sur de Estados Unidos, Centroamérica, el Caribe y América del Sur hasta el río de la Plata en Argentina (Intiquilla, 2015).

La *Erythrina* es un género de plantas perteneciente a la familia Fabaceae. Se caracteriza por sus hojas compuestas y sus llamativas flores agrupadas en racimos, las hojas suelen ser alternas y palmadas, con folíolos de diversas formas, que van desde ovaladas hasta lanceoladas, las flores son grandes y de colores brillantes, como rojo, naranja o amarillo, con forma similar a la de un guisante, la *Erythrina* puede presentarse como un árbol o arbusto de tamaño mediano a grande, con un tronco fuerte y ramas ampliamente extendidas, numerosas especies de *Erythrina* son valoradas por su atractivo ornamental en jardinería y paisajismo, así como por sus propiedades medicinales y su utilidad en la agricultura (Burbano y Trócho, 2010).

8.2.2. Descripción taxonómica

En la tabla 3, se puede observar la descripción taxonómica de la *Erythrina* en ella se puede describir su reino, división clase, orden y familia a la que pertenece:

Tabla 3. Clasificación Taxonómica de *Erythrina poeppigiana*.

| Clasificación | Descripción |
|----------------------|------------------------------|
| Reino | Plantae |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnolipsida |
| Orden | Fabales |
| Familia | Rosidae |
| Familia | Fabaceae |
| SubFamilia | Papilionatae |
| Tribu | Phaseoleae |
| Género | <i>Erythrina</i> |
| Especies | <i>Erythrina poeppigiana</i> |
| Nombre Común | Erythrina, caraca, poró |

Elaborado por: Alava y Molina (2024).

Fuente: (Quezada, 2021)

8.2.3. Características botánicas

La *Erythrina*, es un árbol caducifolio de la familia Fabaceae con una altura de 10 a 18 metros, con un fuste semi irregular, muy ramificado, con espinas grandes, corteza externa de color café, sus hojas, típicamente dispuestas de manera alterna y compuestas, exhiben una disposición palmada con folíolos que varían en forma desde ovalada hasta lanceolada, sus llamativas flores, agrupadas en racimos, son de gran tamaño y presentan colores vibrantes como rojo, naranja o amarillo, adoptando una forma que recuerda a la de un guisante, esta especie puede manifestarse como un árbol o arbusto de tamaño mediano a grande, con un tronco resistente y ramas extendidas, ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, la *Erythrina* es valorada por su atractivo ornamental en jardinería y paisajismo, así como por sus posibles usos medicinales y agrícolas. (Pico y Ormaza 2019).

8.2.3.1. La hoja

Las hojas nacen del nudo, compuestas, bipinadas con dos estípulas axilares generalmente transformadas en espinas, pecíolo bastante corto con 2 a 4 hojas por nudos, las hojas con 2 a 4 pares de pinas ocasionalmente uno, las pinas tienen de 2 hasta 6 cm de largo, con una glándula cupuliforme en la punta con el pecíolo, las hojas de la *Erythrina* son una de sus características más distintivas, por lo general, estas hojas son alternas y compuestas, lo que significa que están

dispuestas en forma alterna a lo largo del tallo y están formadas por varios folíolos o segmentos individuales, la disposición de los folíolos es palmada, irradiando desde un punto central en la base de la hoja, lo que le confiere una apariencia similar a una mano extendida, los folíolos pueden variar en forma desde ovalada hasta lanceolada y suelen tener bordes lisos, además, las hojas de la *Erythrina* suelen ser de un color verde brillante y presentar una textura suave, estas hojas no solo contribuyen a la estética de la planta, sino que también desempeñan un papel crucial en procesos vitales como la fotosíntesis y la regulación de la pérdida de agua a través de la transpiración (Pico y Ormaza, 2019).

8.2.3.2. Tallo

Es un árbol de gran talla, su tallo puede alcanzar alturas desde los 8 hasta los 20 metros de altura y hasta 80 centímetros de diámetro, en el tronco en sitios buenos, aunque se hace arbustiva en terrenos infértiles y con escasez de agua, fuste irregular, tortuoso y nudoso, que puede presentarse como un árbol o arbusto, según la especie y las condiciones ambientales, los tallos suelen ser fuertes y leñosos, capaces de sostener el peso de las ramas y las hojas, en árboles más maduros, el tallo puede volverse grueso y resistente, con una corteza que puede variar en su textura, siendo a veces lisa y en otros casos rugosa, dependiendo de la especie, las ramas se extienden desde el tallo principal y están cubiertas de hojas compuestas, además de proporcionar estructura y soporte, el tallo actúa como un conducto a través del cual se transportan los nutrientes y el agua desde las raíces hasta otras partes de la planta, facilitando así su crecimiento y desarrollo saludable (Pico & Ormaza, 2019).

8.2.3.3. Fruto

Se caracteriza por ser una legumbre coriácea, es ancha y oblonga en forma lineal y comprimida, tiene un tamaño de unos 15 hasta los 25 centímetros de longitud y contiene en cada una de sus vainas un alrededor de 6 semillas, y contiene diversas estrías entre sus semillas, se trata de una legumbre alargada que puede contener varias semillas, estos frutos suelen tener un color verde al principio y pueden adquirir tonalidades más oscuras, como el marrón o el negro, a medida que maduran, aunque esto puede variar según la especie, en cuanto a su forma, los frutos pueden presentar variaciones entre las diferentes especies de *Erythrina*, si bien suelen ser alargados y cilíndricos, con una superficie que puede ser lisa o ligeramente rugosa, las semillas, por lo general, son de color oscuro y están envueltas en una cubierta protectora, estos frutos son

consumidos por diversas especies de animales, y también son utilizados por algunas personas con fines ornamentales o en prácticas tradicionales de medicina (Quisaguana, 2018).

8.2.4. Características nutricionales

La *Erythrina poeppigiana* es una leguminosa que se destaca por ser un cultivo multiuso, sirve para la restauración de bosques, en regiones tropicales y secas, con un total de producción de proteína bruta del 14.5 y 25.6%, fibra detergente entre los intervalos de 52.4 y 71.6%, es capaz de producir 32% de materia seca, un 91% de materia orgánica, es decir, la producción de su biomasa al suelo permitirá una aplicación directa de diversos macros y microelementos (Oliva *et al*, 2021).

8.2.5. Fertilización

El NPK se puede agregar en diferentes proporciones, como una combinación de (N4 = 40-60-40; N3 = 25-40-20; N2 = 20-30-20). Con respecto al nitrógeno (N), se realiza en dos aplicaciones: la primera, 3 días después de la siembra (DDT), y la segunda, a los 90 DDT. En cuanto al fósforo (P) y el potasio (K), se aplican en su totalidad solo en la primera aplicación. La fertilización puede realizarse mediante varios métodos, como la aplicación de fertilizantes orgánicos o inorgánicos antes de la siembra o durante el crecimiento de la planta. Sin embargo, es crucial evitar el exceso de fertilización, ya que puede desequilibrar el suelo y tener efectos negativos en la salud de la planta y el medio ambiente circundante. Por lo tanto, seguir las recomendaciones específicas de fertilización y realizar monitoreos regulares para ajustar las prácticas de fertilización según sea necesario es fundamental (Alcantara, 2018).

8.2.6. Reproducción

La *Erythrina* muestra un rápido crecimiento y desarrollo, pudiendo reproducirse tanto por semilla como de manera asexual, lo que facilita su manejo y conservación. En algunas regiones, se siembran árboles de *Erythrina* como protección para el suelo y las cuencas hidrográficas, además de ser utilizados como alimento para animales domésticos debido a la calidad de su forraje. A pesar de sus beneficios, en ciertas zonas desconocen estas propiedades. Se ha observado un alto porcentaje de germinación de las semillas y éxito en el enraizamiento de las estacas. Se sugiere sumergir las semillas en agua durante 24 o 48 horas como tratamiento previo a la germinación. Para la propagación vegetativa, es recomendable utilizar estacas largas (1-1,5

m) y de diámetro grueso (6-10 cm), prefiriendo la época posterior a la fructificación para obtenerlas y evitar daños en la fisiología del árbol (Díaz, 2019).

8.2.7. Condiciones edafoclimáticas

El cultivo de la *Erythrina* exhibe una notable capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas y tipos de suelos. Puede tolerar una amplia variabilidad en las precipitaciones anuales, que oscilan entre 1000 y 4000 mm, y muestra resistencia a diferentes categorías de suelos, incluyendo aluviales, ferrasoles volcánicos, ultisoles, septisoles, unisoles y oxisoles. Además, demuestra habilidad para sobrevivir períodos de sequía de hasta seis meses y prosperar en una amplia gama de altitudes, desde los 50 hasta los 2400 metros sobre el nivel del mar. La *Erythrina* se desarrolla de manera óptima en suelos con una textura franco arcillosa o franco, y prefiere niveles de pH neutros o ligeramente ácidos. Tiene la capacidad de tolerar temperaturas medias de hasta 28°C y puede adaptarse a encharcamientos estacionales, así como a pendientes libres. En conjunto, estas características hacen que la *Erythrina* sea una opción versátil para su cultivo en diferentes entornos y condiciones edáficas. (Díaz, 2019).

8.3. Asociación de cultivos

La asociación de cultivos es una técnica destinada a establecer un equilibrio natural que promueva beneficios entre diferentes especies vegetales. Este enfoque permite una distribución más eficiente de los recursos del suelo, lo que favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Se trata de una interacción dinámica que no solo mejora la producción agrícola, sino que también funciona como un sistema integral que reduce el riesgo de pérdidas debido a factores de estrés físico asociados al monocultivo de ciertas especies. La asociación de cultivos se considera una alternativa importante para la conservación de la biodiversidad en el suelo y en el entorno agrícola en general. Al fomentar la coexistencia de diferentes especies vegetales, se promueve una mayor diversidad biológica, lo que a su vez contribuye a la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas agrícolas frente a posibles perturbaciones (Cárdenas 2021).

La práctica de combinar temporal o espacialmente diversos tipos de plantas es ancestral y está intrínsecamente ligada a la historia de las civilizaciones. En América Latina, esta estrategia de siembra se ha empleado desde tiempos prehispánicos con el propósito de asegurar una alimentación balanceada y mitigar el riesgo de cosechas pobres. Sin embargo, esta práctica comenzó a decaer debido a cambios en la valoración del entorno, inicialmente ocasionados por

la llegada de los españoles y posteriormente agravados por la adopción generalizada del modelo de la Revolución Verde entre las décadas de 1950 y 1970 (Cárdenas 2021).

Este modelo promueve el monocultivo como la principal estrategia para aumentar la producción de alimentos. El uso de nuevas variedades vegetales dependientes de un conjunto tecnológico que incluía fertilizantes y control de plagas, hizo que estas plantas fueran poco compatibles con la combinación con otras especies vegetales. Esto influyó en el abandono gradual de las asociaciones tradicionales en las áreas rurales, profundizando aún más el declive de esta práctica ancestral (Tamayo, 2022).

8.3.1. Importancia de la asociación de cultivo

La importancia de la asociación de cultivos, es practicada de gran manera por los agricultores, de las zonas tropicales y subtropicales, para lograr un mayor uso del terreno que tienen disponible, así mismo, reducen la incidencia de plagas y enfermedades, son una práctica en común en muchos países del mundo (Cárdenas 2021).

La asociación de cultivos son sistemas complejos en los cuales dos o más especies vegetales se plantan con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una competencia o una complementación, además, tienen la característica de estar sembrados en una misma área o superficie de terreno durante parte o todo su ciclo, su composición puede variar en el transcurso del tiempo, en función del período de cosecha o valoración de cada componente cultivado, al implementar su siembra, pueden identificarse combinaciones simples (basadas en dos cultivares) hasta asociaciones de mayor complejidad, donde pueden coexistir más de doce especies (Tamayo, 2022).

8.3.2. Tipos de asociación de cultivo

8.3.2.1. Mezclados

Los policultivos representan una forma de sistemas de cultivos múltiples, donde dos o más especies o cultivos crecen juntos en la misma área de tierra durante todo o parte de su ciclo. Estos cultivos pueden consistir en una mezcla de diferentes especies vegetales o en diferentes variedades de la misma especie. Pueden ser organizados en franjas, surcos o dispuestos de manera aleatoria en el mismo terreno.

Este enfoque agrícola implica el cultivo simultáneo de diversas especies vegetales y puede incluir técnicas como el intercalado de cultivos, donde se alternan filas o parcelas de diferentes cultivos; la combinación de cultivos con otras plantas no deseadas (malezas) o con otras especies cultivadas. También puede involucrar el cultivo en asociación con coberturas vivas.

En efecto, estos sistemas se diseñan de manera intencional para cumplir diversos objetivos agrícolas. En regiones donde la mano de obra es el recurso principal y la mitigación de riesgos es una preocupación prioritaria, la adopción de sistemas de cultivos múltiples ha sido fundamental para proporcionar una mayor seguridad y estabilidad en la producción agrícola. Al diversificar los cultivos y combinar diferentes especies vegetales en una misma área, se reduce la vulnerabilidad ante eventos adversos como plagas, enfermedades o condiciones climáticas extremas. Además, la práctica del policultivo puede mejorar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles, aprovechando mejor el suelo, el agua y los nutrientes, lo que contribuye a una mayor productividad y resiliencia del sistema agrícola en su conjunto (Carranza, 2021).

Los policultivos, también conocidos como cultivos combinados, de compañía o asociaciones, implican el cultivo simultáneo en el mismo espacio y tiempo de más de una especie vegetal. Estos sistemas agrícolas involucran el cultivo cercano de dos o más cultivos, lo que resulta en una interacción entre ellos que puede ser de competencia interespecífica o de complementación.

Estas interacciones pueden clasificarse según sus efectos en los rendimientos de los cultivos. Por un lado, existen las interacciones comensalistas, que fomentan la interacción entre especies y tienen un efecto positivo neto en una especie sin afectar a la otra. Por otro lado, están las interacciones amensalísticas, que promueven la interacción entre especies, pero tienen un efecto negativo en una de ellas sin afectar a la otra (Carranza, 2021).

8.3.2.2. Intercalados

Se pueden evaluar las ventajas de rendimiento de los cultivos intercalados mediante varios métodos, siendo el más común la relación de equivalencia de tierra (LER). Este método se utiliza para comparar la eficiencia biológica y el rendimiento por unidad de superficie de tierra en relación con el sistema de monocultivo. La LER proporciona un análisis objetivo y cuantitativo de la ventaja de utilizar cultivos asociados al evaluar la producción en relación con el área cultivada. Esta relación compara el rendimiento total obtenido de un sistema de cultivos múltiples con el rendimiento total esperado si los mismos cultivos se cultivaron por separado

en monocultivos. Un valor de LER superior a 1 indica que los cultivos intercalados tienen un rendimiento total mayor que si se cultivaron por separado en monocultivos, lo que sugiere una ventaja en términos de eficiencia en el uso del espacio y los recursos disponibles (Hervacio, 2021).

8.3.2.3. En Franjas

El método de cultivo entre franjas implica sembrar simultáneamente especies asociadas en bandas lo suficientemente anchas como para permitir su independencia, pero lo bastante cerca como para facilitar la interacción agronómica, este enfoque convierte al cultivo asociado en más que una simple práctica para proporcionar variedad; también optimiza el uso de la tierra, aumenta la producción por área cultivada y genera mayores ingresos económicos para el agricultor (Hervacio, 2021).

8.3.3. Estrategias de asociación

Esta técnica agrícola no es compatible con la agricultura moderna extensiva, que se basa en monocultivos y en el uso intensivo de agroquímicos, en cambio, esta estrategia puede ser más fácilmente adoptada en regiones del país donde la agricultura se lleva a cabo en parcelas más pequeñas por parte de agricultores familiares, además, en la agricultura orgánica, la asociación de cultivos debe ser una práctica habitual para manejar problemas fitosanitarios, la asociación de cultivos, especialmente cuando se utilizan plantas con propiedades antimicrobianas, tiene la ventaja adicional de que al incorporar residuos vegetales en el suelo, se pueden reducir las poblaciones y los daños causados por patógenos que afectan a las raíces, al tiempo que mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, esto conlleva a un mejor desarrollo del cultivo, además de los beneficios económicos, la asociación de cultivos también puede brindar grandes beneficios ecológicos (Gómez & Mejía, 2001).

8.4. Fijadores de nitrógeno

8.4.1. Interacciones microbianas

Las interacciones microbianas son aquellas en las que la dinámica del ecosistema y la ecología evolutiva de cada individuo pueden dar lugar a competencia por recursos, asociaciones simbióticas, transferencia de genes, coevolución, y otros procesos similares (Calderoli 2016).

La nitrificación es un proceso llevado a cabo por microorganismos heterótrofos. En este proceso, las bacterias autótrofas desempeñan un papel crucial. Estas bacterias obtienen una ganancia de energía de 440 kJ por mol de amonio (NH_3) cuando están aisladas. La nitrificación autótrofa es realizada por dos tipos de bacterias: las oxidantes de amonio y las oxidantes de nitrito. Estas bacterias realizan la conversión del amonio (NH_4^+) a nitrito (NO_2^-) y luego a nitrato (NO_3^-), respectivamente. El proceso de nitrificación es el ciclo del nitrógeno que convierte el amonio en forma de nitrógeno relativamente inaccesible para muchas plantas, en formas de nitrógeno que son más fácilmente utilizables por las plantas (Calderoli 2016).

Las especies de los siguientes géneros bacterianos muestran capacidad para realizar la desnitrificación: *Bacillus*, *Chromobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Spirillum*, *Hypomicrobium*, *Achromobacter*, *Moraxella*, *Paracoccus*, *Alcaligenes* y *Aquifex* (Calderoli 2016).

Los hongos y las bacterias coexisten en una amplia gama de entornos, donde predominan en las comunidades responsables de descomponer la materia orgánica, estos organismos interactúan a través de una variedad de procesos, como sinergia, competencia o antagonismo, lo que los convierte en impulsores importantes de muchas funciones ecosistémicas, aunque las interacciones entre hongos y bacterias han sido estudiadas más extensamente en entornos terrestres que en marinos, ambos están presentes en todos los hábitats de la biósfera, ya sea en tierra firme o en ambientes acuáticos, a pesar de sus diferencias filogenéticas y metabólicas, los representantes heterotróficos de hongos y bacterias predominan en las comunidades responsables de descomponer la materia orgánica en todos los entornos, dado que ocupan nichos similares, están constantemente involucrados en interacciones sinérgicas o competitivas que afectan tanto a los componentes bióticos como abióticos del ambiente, y que aún no han sido completamente caracterizadas (Fuentes, 2022).

8.4.2. Ecología de comunidades

La comunidad de un ecosistema se forma a partir de la diversidad biológica presente en ese entorno, constituyendo el conjunto de especies que coexisten en un lugar específico y durante un período determinado, un proceso crucial en cualquier ciclo nutricional ecológico es la conversión de los nutrientes en formas orgánicas provenientes de la biomasa muerta, conocida como detritos, en formas inorgánicas simples y solubles que pueden ser absorbidas por las plantas y los microorganismos a través de la mineralización, los macronutrientes (C, O, H, N,

Ca, P, Mg, K, S, Na, Cl) tienen requerimientos nutricionales superiores a los micronutrientes (Fe, Mn, B, Co, Cu, Mo, Zn, I, Se), cuyos elementos tienen un patrón de ciclo en formas asimilables (Calderoli 2016).

En el campo de la ecología del suelo, es esencial que las personas se involucren en la protección de este recurso invaluable, comprendiendo su importancia vital para la vida y la supervivencia humana. Sin suelo, los ecosistemas terrestres se verán afectados negativamente, con consecuencias como la alteración del ciclo del agua, el deterioro del reciclaje de materia orgánica y la interrupción de los ciclos de nutrientes, lo que a su vez afectará la nutrición y el metabolismo humanos, la comprensión de la ecología del suelo es fundamental para abordar eficazmente los problemas ambientales y proporcionar soluciones pertinentes y aplicables, el suelo, como medio físico-químico donde se desarrolla la vida, no puede ser separado del entorno que lo rodea; es frágil, su recuperación es difícil y prolongada, y su extensión es limitada, además, el suelo sirve como soporte y almacén de nutrientes para los organismos terrestres, albergando una amplia gama de procesos físicos, químicos y biológicos que son vitales para la sostenibilidad de los ecosistemas terrestres y el bienestar humano (Marín, 2017).

8.4.3. Biodiversidad del suelo

Los árboles y arbustos desempeñan un papel fundamental en la mejora de los ecosistemas de pastizales, contribuyen al incremento de la biodiversidad al proporcionar forraje de mejor calidad y sombra para el ganado, además, ayudan a proteger el suelo de la erosión y actúan como barreras naturales contra el viento, a través de la descomposición de la hojarasca, contribuyen al reciclaje de nutrientes y mantienen la humedad del suelo. También son eficaces en la absorción de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, los Sistemas Agroforestales representan una innovación en la producción agrícola al combinar árboles y pastizales de manera coordinada, estos sistemas tienen como objetivo aumentar la productividad agrícola al tiempo que promueven funciones ecosistémicas beneficiosas, la presencia de áreas arboladas en estos sistemas puede extender la temporada de pastoreo, proporcionar refugio al ganado y mejorar la calidad del suelo, hoy en día, la conservación de áreas arboladas es esencial para un manejo sostenible de los sistemas ganaderos, a pesar de su importancia, la expansión de la ganadería ha resultado en la destrucción de grandes extensiones de selvas, lo que subraya la necesidad urgente de adoptar prácticas más sostenibles en la gestión de los recursos naturales (Quintero, 2016).

La biodiversidad abarca tanto la variedad dentro de una misma especie o ecosistema como la diversidad entre diferentes especies o ecosistemas, los cambios en la biodiversidad pueden tener un impacto significativo en la provisión de servicios esenciales de los ecosistemas, es crucial proteger y gestionar de manera sostenible tanto la biodiversidad como los servicios que los ecosistemas ofrecen, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) apoya y promueve los servicios ecosistémicos derivados de la agricultura, la ganadería, la pesca, la acuicultura y las actividades forestales. Reconociendo que los recursos naturales y los servicios ecosistémicos son fundamentales para todos los sistemas agrícolas y alimentarios, es esencial respaldar y preservar las funciones de los ecosistemas y proteger la biodiversidad, este enfoque constituye una de las principales áreas de acción de la FAO (Molina y Nuñez, 2017).

8.4.4. Conservación de la biodiversidad del suelo

La biodiversidad ha adquirido una creciente importancia en las últimas décadas, refiriéndose a la variedad de organismos vivos presentes en los ecosistemas, esta diversidad se categoriza en diferentes niveles, desde la diversidad de los ecosistemas hasta la diversidad genética de las especies. La biodiversidad es esencial para el desarrollo humano, ya que mantiene una interdependencia entre los distintos elementos, proporcionando equilibrio y recursos en los hábitats que pueden ser utilizados por la humanidad, sin embargo, la expansión de grandes áreas de pastizales ha provocado deforestación, lo que ha resultado en una disminución de la biodiversidad y pérdida de agua debido al escurrimiento, actualmente, son escasas las fincas que se planifican con el propósito de conservar la biodiversidad, aunque podrían obtener un mayor beneficio si se consideran medidas de conservación integradas que también aumenten la productividad ganadera, prácticas como las cercas vivas y el mantenimiento de parches de bosque son cruciales para preservar la biodiversidad, ya que pueden conectarse entre sí para servir como corredores biológicos. (Quintero, 2016).

8.5. Macroelementos esenciales del suelo

8.5.1. Nitrógeno

Es un estimulante de crecimiento que aporta un color verde intenso a las hojas de la planta y su calidad, el contenido de proteínas aumenta en los frutos y semillas, inclusive da nutrientes a los microorganismos del suelo directamente (Aman 2018).

El nitrógeno, es de gran relevancia para la propia nutrición de la planta en general, es un elemento que se encuentra en grandes cantidades en la atmósfera, pero no todo es asimilable por la planta, sin embargo, con la influencia de diversas bacterias que se encuentran en el suelo, específicamente en las raíces de las plantas, este elemento puede ser sintetizado y desdoblado para ser aprovechado por los diversos organismos autótrofos del medio (Pilatuña, 2018).

8.5.2. Fósforo

Es aquel macronutriente que estimula el desarrollo precoz de las raíces y crecimiento de la planta en general, provee un desarrollo rápido y vigoroso en plantas jóvenes, así mismo, estimula la formación de flores, e influye en la maduración de los frutos, siendo totalmente indispensable para la formación de las semillas (Aman 2018).

En general, se establece que el suelo debe tener en cantidades pertinentes los elementos: calcio, magnesio, potasio y fósforo; la deficiencia de cada uno de estos nutrientes provoca un lento crecimiento de las plántulas, cierta rigidez en las propias articulaciones, un alto grado de mortalidad (Chavez, 2012).

8.5.3. Potasio

Presenta una gran importancia en el crecimiento y maduración de sus propios frutos, influyendo de gran manera en el rendimiento, la calidad de los granos, resistencia a diversas plagas y también a las sequías, participa directamente en 60 sistemas enzimáticos, en la fotosíntesis, en la producción de almidón y aminoácidos, mostrando sus efectos en el tamaño, la forma, color, sabor y fragancia del café, endureciendo sus tejidos de sostén, también aumenta su resistencia a enfermedades (Contreras 2022).

La deficiencia del potasio se manifiesta directamente en las hojas adultas del cultivo, produciendo diversas áreas necróticas en las hojas, hacia su interior en forma de V, en casos de deficiencia aguda del elemento la planta puede colapsar y morir, existe una defoliación, estos síntomas se presentan en las hojas bajas y por consiguiente puede extenderse a toda la planta (Contreras 2022).

8.5.4. Magnesio

El magnesio es un elemento característico de los minerales arcillosos del suelo, es característico por tener influencia en el intercambio catiónico, este elemento ha pasado por diversos procesos de meteorización, para poder ser apto por diversos organismos en el planeta, en este caso los organismos autótrofos son capaces de sintetizar y beneficiarse del mismo para formar su clorofila también denominado como fotoasimilados, la clorofila es aquella que le da el color característico a las propias plantas, es decir, el magnesio tiene gran influencia en el proceso fotosintético de los cultivos en general (Zumba, 2020).

La deficiencia de este elemento puede generar síntomas primero en las hojas viejas, como manchas amarillas, con nervaduras, desde la base de la rama hasta su punta, las hojas viejas tienden a desprenderse de las ramas en especial de las que contienen frutos en estado de maduración (Acosta 2017).

8.5.5. Azufre

Es un macro elemento de gran importancia como el N, ya que es aquel que se encarga de la producción de aminoácidos, proteínas, enzimas, resistencia a plagas y enfermedades, la deficiencia de este elemento causa una coloración amarilla en las hojas nuevas, en general, el S presente en el suelo es debido a la cantidad de materia orgánica que posee el suelo, por lo tanto, esta deficiencia se presenta en suelos con pocas cantidades de MO (Cedeño & Vera 2017).

En general, el azufre es uno de los elementos principales que se usan para disminuir el pH de los suelos, solo durante un periodo de tiempo prolongado, es decir, es un acondicionante de suelos, es característico por brindar un aumento de proteína en los forrajes, y reduce el importe de nitrógeno en el contenido de nitrato libre en los forrajes (Zumba, 2020).

8.6. Antecedentes de estudio

En el centro experimental “Sacha Wiwa”, se desarrolló una investigación con el objetivo general de evaluar el comportamiento agronómico y composición química del Botón de oro en la Parroquia Guasaganda, se plantearon como objetivos específicos Evaluar el comportamiento agronómico y composición química del Botón de oro cosechado a diferentes edades en la Parroquia Guasaganda del Cantón La Maná, conocer la composición química del Botón de oro cosechado a diferentes edades y por último establecer los costos del manejo del Botón de oro

cosechado a diferentes edades donde se utilizó un diseño completamente al azar con los siguientes tratamientos fueron en las diferentes edades T1 30 días del Botón de oro, T2 45 días del Botón de oro, T3 60 días del Botón de oro, T4 75 días del Botón de oro, obteniendo los mejores resultado en el T3 denominado 60 días siendo más efectiva en las variables evaluadas mayor porcentaje de brotes con 60% de brotación, altura de ramas de 60,61 cm, número de hojas con un promedio de 130,29, peso de la biomasa fresca presentó un promedio de 832,14 g y en los costos con una utilidad de 0,26 USD/metro cuadrado (Carrión y Palacios, 2022).

El experimento fue conducido en la localidad de Tocumen, distrito de Panamá, provincia de Panamá, La respuesta de producción de materia seca de (*Tithonia diversifolia*) mostró un incremento marcado en las frecuencias de corte a las 12 y 16 semanas, además, las frecuencias de corte afectaron el contenido nutricional de la materia seca, resultandos mayores contenidos de proteína a las 4 y 8 semanas de poda, en todas las fracciones vegetales y en las dos épocas estudiadas. No obstante, los contenidos de calcio y fósforo en la materia seca disminuyeron en la medida que incrementaban las frecuencias de corte. Los mayores contenidos de proteína en la materia seca se obtuvieron a las 4 y 8 semanas de poda, tanto en la época lluviosa, como en la seca, en todas las fracciones vegetales estudiadas, los contenidos de calcio y fósforo en la materia seca de *Tithonia diversifolia* fueron disminuyeron en la medida que incrementaron las frecuencias de corte en todas las fracciones vegetales estudiadas (Edgar y Leonel, 2022).

Se evaluó el comportamiento del estrato herbáceo y el aporte forrajero en una asociación natural entre *C. plectostachyus* y 31 árboles de *Erythrina poeppigiana* distribuidos heterogéneamente dentro de un área destinada al pastoreo de becerros en el estado Yaracuy, Venezuela, la producción forrajera del pasto no fue afectada por la época y sombreadamiento, mostrando promedios de 5567,1 y 6365,3 kg MS/ha-1 para las épocas seca y lluviosa, respectivamente. El aporte de hojarasca arbórea si estuvo condicionado por la época ($p=0,0163$), siendo de 1720 kg MS/ha-1 en sequía, coincidiendo con la etapa de floración de *E. poeppigiana* y 430 kg MS/ha-1 durante las lluvias, en el primer caso suministrando nutrientes al suelo además de aportar forraje proteico extra de buena calidad nutricional complementaria al pasto. Se concluye considerando que la incorporación de la especie *E. poeppigiana* dentro de sistemas pastoriles, favorece el funcionamiento de los mismos, dada la calidad de los servicios ecosistémicos que ofrece tanto para la producción animal como para la conservación del ambiente (Borges & Barrios, 2015).

El objetivo del estudio fue analizar la relación entre altura y diámetro del árbol de *Erythrina americana* con el rendimiento de follaje a una edad de rebrote de 90 días. Se emplearon 47 árboles con altura de $1.6 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$, diámetros a 0.20 m y 1.3 m del suelo, de $0.085 \pm 0.021 \text{ m}$ y $0.065 \pm 0.018 \text{ m}$, respectivamente. La asociación entre altura y diámetros del árbol con el rendimiento de materia seca (RMS) árbol-1, se determinó con correlación. La variación en RMS árbol-1 se determinó a través de regresión múltiple. Altura y diámetros del árbol a 0.20 y 1.3 m tuvieron asociación positiva con RMS árbol-1 ($p < 0.05$ y $p < 0.001$, respectivamente). El diámetro del árbol a 0.20 m explicó 34% de la variación en RMS árbol-1 ($p < 0.0001$). Altura y diámetro del árbol no tuvieron valor predictivo importante en el RMS árbol-1 (Oliva *et al.*, 2021).

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Ha. La implementación de la asociación de Botón de oro tendrá un efecto en el desarrollo fenológico del cultivo de *Erythrina* con los tratamientos establecidos.

Ho. La implementación de la asociación de Botón de oro no tendrá un efecto en el desarrollo fenológico del cultivo de *Erythrina* con los tratamientos establecidos.

10. METODOLOGÍA

10.1. Ubicación y duración del estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental “Sacha Wiwa” situado en la parroquia de Guasaganda, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, donde se evaluó la respuesta agronómica del Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en asociación con *Erythrina* su ubicación geográfica es: WGS 84 Latitud $0^{\circ}48'00.0''$, Longitud $79^{\circ} 10'01.2''$, altitud 503 m.s.n.m.

10.2. Condiciones agrometeorológicas

En la tabla 4 se detallan las condiciones agrometeorológicas, expresados en parámetros y de la misma forma en promedios del Centro experimental “Sacha Wiwa” situado en la parroquia de Guasaganda, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi con una altitud de 503,00 m.s.n.m, temperatura media anual 22.00°C , humedad relativa 88.00%, precipitación promedio anual de 2761.00 mm, 570,30 horas luz año, y sustrato de un suelo franco-arenoso (INAMI, 2017).

Tabla 4. Condiciones agro meteorológicas del Centro Experimental “Sacha Wiwa”.

| Parámetros | Promedios |
|-----------------------------------|------------------|
| Altitud m.s.n.m | 503,00 |
| Temperatura media anual °C | 22.00 |
| Humedad relativa, % | 88.00 |
| Heliofanía, horas/luz/año | 570,30 |
| Precipitación, mm/año | 2761.00 |
| Textura | Franco arenoso |

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología 2017).

10.3. Tipo de investigación

10.3.1. Investigación descriptiva

La investigación se enfocó en describir los diversos parámetros que se utilizaron para la recolección de datos a partir de la asociación del botón de oro y *Erythrina*, utilizando tablas para un mejor entendimiento de los datos a los 15, 30, 45 y 60 días, altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm), circunferencia foliar (cm), número de hojas, número de ramas y largo de tallo, estas variables permitieron una recopilación de información que sirvió para la realización de un análisis pertinente en los resultados y por consiguiente su discusión con otros autores.

10.3.2. Investigación experimental

En la investigación realizada, se estableció un ensayo práctico para evaluar la respuesta agronómica del botón el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en asociación con *Erythrina*, se tomaron en cuenta las variables y parámetros que se establecieron para cada cultivo y cada una de las unidades experimentales del estudio, lo resultados permitieron verificar los beneficios que contribuye una asociación para el medio ambiente y a los agricultores.

10.3.3. Investigación analítica

El presente estudio, se enfocó en la toma directa de datos a partir de las variables evaluadas en los cultivos de Botón de oro y *Erythrina*, así como sus diferentes estados agronómicos en el proceso de investigación.

10.4. Técnicas de investigación

En este apartado de la investigación, se realizó un registro de todas las actividades y labores que se ejecutaron para el establecimiento y desarrollo de los cultivos, el cuidado y el análisis de los mismos para poder realizar un análisis a partir de los resultados obtenidos.

10.4.1. Registro y tabulación de datos

Para el registro de datos se utilizó los materiales adecuados para cada una de las variables establecidas en la investigación, además, se usó un cuaderno de datos y luego los datos fueron tabulados en el programa Excel, por lo tanto, se llevó a cabo la toma de datos exactos en los diferentes estados vegetativos de los cultivos asociados, Botón de oro y Erythrina, por último, la recopilación de datos fue analizada con el programa INFOSTAT 2023.

10.5. Materiales y equipos

Para la investigación hubo la necesidad de utilizar diversas herramientas y materiales, en la tabla 5 se encuentran detallados cada uno de los materiales que fueron necesarios:

Tabla 5. Materiales y equipos utilizados en la investigación.

| Materiales | Equipos |
|-------------------------|-----------------|
| Plantas de Botón de oro | Computador |
| Plantas de Erythrina | Balanza digital |
| Machete espada | Esferos |
| Piola | |
| Pala | |
| Azadón | |
| Estacas | |
| Agenda | |
| Calibrador | |
| Flexómetro | |
| Cinta métrica | |

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

10.6. Diseño experimental

En la investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) para evaluar la respuesta agronómica del Botón de oro en asociación con Erythrina, siendo un total de 2 tratamientos, Botón de oro es el tratamiento 1 y Botón de oro + Erythrina

es el tratamiento 2 con 13 repeticiones, los datos fueron obtenidos en un rango de investigación de 15 hasta los 60 días y se empleó la prueba estadística de Tukey al 5% de probabilidades, para poder tener una interpretación de resultados más específica.

10.7. Esquema del experimento

En la tabla 6 se describen los 2 tratamientos y 13 repeticiones de los cultivos asociados, así como sus unidades experimentales y el total de plantas utilizadas en la investigación, cada tratamiento consta de 13 repeticiones por tratamiento, y 4 unidades experimentales, siendo un total de 104 plantas evaluadas en el estudio:

Tabla 6. Tratamientos y repeticiones.

| Tratamientos | Repeticiones | Unidad experimental | Total |
|-----------------------------|--------------|---------------------|-------|
| T1 Botón de oro | 13 | 4 | 52 |
| T2 Botón de oro + Erythrina | 13 | 4 | 52 |
| Total: | | | 104 |

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

10.8. Análisis de varianza

Tabla 7. Fuentes de variación.

| Fuentes de variación | | Grados de libertad |
|----------------------|-------------|--------------------|
| Repeticiones | (r-1) | 12 |
| Tratamientos | (t-1) | 1 |
| Error experimental | (r-1) (t-1) | 12 |
| Total | (t.r)-1 | 25 |

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

En la tabla 7 se muestra el análisis de varianza de la investigación realizada, en la que se describen las fuentes de variación y grados de libertad correspondientes entorno a los tratamientos, repeticiones y su correspondiente error experimental

10.9. Manejo de la investigación

En un principio se realizó un reconocimiento de la zona del Centro Experimental Sacha Wiwa, perteneciente a la parroquia de Guasaganda, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, se delimitó el espacio a utilizar y por consiguiente su limpieza manual de manera adecuada, todo

escombro y residuos de árboles fue extraído del área, una vez culminado el proceso ya mencionado, se tomaron muestras de suelo en zig zag de 20 cm de profundidad, las cuales fueron colocadas en fundas plásticas con cierre específicamente para muestras de suelo, que luego fueron enviadas al laboratorio AGROLAB para su debido análisis.

Para la germinación de semillas, se realizó un sustrato elaborado a partir de tierra de sembrado y materia orgánica, luego el sustrato fue colocado en fundas germinadoras, para tener plantas suficientes para la investigación y así poder suplir alguna planta que no se encuentre en las condiciones más aptas para su desarrollo y ser reemplazada.

El siguiente paso en el estudio fue nivelar y remover el suelo con el azadón para obtener las plántulas en condiciones aptas para la siembra en el área determinada, se realizó un aporte de cal para desinfectar el suelo, debido a que existen agentes perjudiciales para las plantas al momento de ser trasplantadas, como pueden ser bacterias y hongos, se establecieron las camas con piolas para poder cultivar cada tratamiento en forma adecuada, así como sus repeticiones. Una vez llegados los resultados del análisis de suelo se realizó el cultivo del Botón de oro en asociación con Erythrina, el análisis de suelo sirvió como una base para saber las propiedades del suelo entorno a sus características físicas y químicas, para determinar cuál es la influencia que ejerce la asociación de cultivos.

Las delimitaciones del espacio para la asociación de los cultivos fueron establecidas en 9 m de ancho y 10 metros de largo, se realizaron un total de 4 parcelas para el tratamiento de Botón de oro y 4 parcelas para el Botón de oro + Erythrina, siendo un total de 13 plantas por parcela, la investigación planteada, presentó un área total de 608 m², con una distancia de 3 metros entre plantas para los dos tratamientos.

Una vez intercaladas las labores culturales, como la limpieza del terreno cada 15 días, nivelación y preparación del suelo y delimitación de las parcelas, a los 15 días germinación las plántulas fueron trasplantadas al terreno de investigación, con el objetivo de ser evaluadas con las variables de altura de planta, diámetro de tallo, circunferencia foliar, número de hojas, número de ramas y largo de tallo, fueron tomadas a los 15, 30, 45 y 60, días y sus respectivos análisis de suelo al inicio y final de la investigación en el cultivo de Botón de oro y Erythrina.

10.10. Variables evaluadas en botón de oro y Erythrina

10.10.1. Altura de planta (cm)

Los datos fueron tomados en las dos especies y se evaluaron 5 unidades experimentales de cada uno de los tratamientos establecidos, y para registrar los datos en centímetros de esta variable se realizó la toma de datos con un flexómetro, desde la base del suelo hasta la última hoja en posición vertical, a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante.

10.10.2. Diámetro de tallo (cm)

En las dos especies se tomaron en cuenta 5 unidades experimentales de los tratamientos establecidos, se registraron datos en centímetros desde los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante, con un calibrador a los 5 cm de altura de la planta.

10.10.3. Circunferencia foliar (cm)

Los datos de circunferencia foliar se tomaron basado en el método de tecnicismo, donde se hizo uso de una cinta métrica tomando medidas en torno a la circunferencia foliar, donde los datos se tomaron en centímetros a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante.

10.10.4. Número de hojas

En la variable de número de hojas se evaluaron 5 unidades experimentales, se contabilizó el número de hojas por unidad en las dos especies en estudio en toda su área foliar, específicamente a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante, los datos correspondientes fueron contabilizados en el cuaderno de campo.

10.10.5. Número de ramas

El número de ramas fue contabilizado en las dos especies del estudio, y fueron tomadas desde la parte alta del tallo considerada como la primera rama en dirección hacia su área foliar más alta, en unidades a los 15, 30, 45 y 60 días, se tomaron en cuenta 5 unidades experimentales para esta variable.

10.10.6. Largo del tallo (cm)

Para la toma de datos en el largo de tallo se utilizaron 5 unidades experimentales, en el transcurso de los 15, 30, 45 y 60 días, para ello se utilizó un flexómetro realizando mediciones desde la base del suelo hasta el final de su tallo principal, los datos se expresaron en centímetros, para ser tabulados de forma adecuada y ser analizados respectivamente.

10.10.7. Análisis de suelo

En investigación se realizaron 2 análisis de suelos, un análisis al principio y uno al final, para realizar una comparación entre las características químicas del suelo en correspondencia de la asociación del Botón de oro y Erythrina, para la toma de las muestras correspondientes se realizó un agujero de 20 centímetros de profundidad en el suelo en forma de zig zag, para luego ser analizadas las muestras fueron enviadas al laboratorio AGROLAB y a los 30 días los resultados fueron socializados.

10.10.8. Análisis de costos

En el presente estudio se realizó el análisis de los costos de establecimiento, donde se indican los costos de cada tratamiento y estudio en relación, el cual no se hizo uso de fórmulas de determinación rentable debido a que el estudio no tiene fines lucrativos.

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1. Altura de planta

Los resultados obtenidos a los 15, 30, 45 y 60 días en la variable de altura de la planta se detallan en la tabla 8, en donde se indica que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, se evidencia que el tratamiento Botón de oro en asociación con Erythrina tiene mayor desarrollo a partir de los 15 días 49,42 cm, de la misma manera el nivel de desarrollo a los 60 días con 69,44 cm, resultando como el mejor tratamiento, mientras que el desarrollo de la Erythrina es fisiológicamente tardío en comparación con el botón de oro debido a su ciclo vegetativo, por lo que su altura inicial de 13,21 cm a los 15 días, a los 60 días 34, 36, tanto que el Botón de oro tuvo un menor desarrollo inicial con 39,36 cm a los 15 días, sujeto a los 60 días alcanzó una altura de 60,9 cm, en este contexto sin asociación.

Mientras Sánchez (2023), menciona que la edad influyó en la altura de manera significativa en el cultivo de (*Tithonia diversifolia*), a los 90 días se observó máximo crecimiento, con un promedio de 102,6 cm; mientras que a los 30 y 60 días el ritmo de crecimiento en las plantas es de 49, 4 cm y 56,7 cm, teniendo diferencias significativas en cuanto a la altura de planta a los 60 días presento un valor de 70,07 a diferencia del ensayo realizado.

Acurio & Calle (2022) indican en su investigación de bancos forrajeros de especies leñosas, que a los 60 días se obtuvo una altura de planta del Botón de oro de 66,5 cm, siendo un valor mayor al del T1 y menor que T2 de la investigación realizada.

Tabla 8. Altura de la planta de los tratamientos del Botón de oro en asociación con Erythrina.

| Tratamientos | | Altura de planta (cm) | | | | | | | |
|------------------|----------------|-----------------------|---------|-------------|---------|--------------|---|-------------|---|
| | | 15 días | 30 días | 45 días | 60 días | | | | |
| Cultivo solo | Botón de oro | 39,86 | b | 46,65 | b | 56,17 | a | 60,9 | a |
| Cultivo asociado | Botón de oro + | 49,42 | a | 56,42 | a | 63,06 | a | 69,44 | a |
| | Erythrina | 13,21 | c | 23,20 | c | 30,13 | b | 34,36 | b |
| CV (%) | | 11,03 | | 9,77 | | 11,05 | | 8,38 | |

Medias comunes con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Alava y Molina, 2024.

11.2. Diámetro del tallo

Los resultados de la variable diámetro de tallo en centímetros se muestra que no existen diferencias estadísticas en cuanto al tratamiento botón de oro, debido a que a los 15, 30, 45 y 60 días presentaron valores similares 11,56 cm; 14,27 cm; 16,21 cm; y 18,19 cm, el tratamiento Botón de oro + Erythrina con los siguientes valores en los diferentes periodos, 15 días 12,54 cm; 30 días 15,04 cm; 45 días 16,86 cm y a los 60 días 18,77 cm, el diámetro de la Erythrina se muestra inferior debido a su ciclo de vida en el tratamiento de Botón de oro +Erythrina.

Resultados que se indican superiores a García (2017), en relación al tallo donde se mostraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre la media de los tratamientos evaluados sin asociación, promedio de 1,65 a los 30 días donde evaluaron el comportamiento agronómico del Botón de oro.

Tabla 8. Diámetro del tallo de la planta de los tratamientos del Botón de oro en asociación con Erythrina.

| Tratamientos | | Diámetro del tallo (cm) | | | | | | | |
|------------------|----------------|-------------------------|---------|-------------|---------|-------------|---|-------------|---|
| | | 15 días | 30 días | 45 días | 60 días | | | | |
| Cultivo solo | Botón de oro | 11,56 | a | 14,27 | a | 16,21 | a | 18,19 | a |
| Cultivo asociado | Botón de oro + | 12,54 | a | 15,04 | a | 16,86 | a | 18,77 | a |
| | Erythrina | 2,50 | b | 5,03 | b | 7,00 | b | 8,83 | b |
| CV (%) | | 12,16 | | 8,67 | | 6,71 | | 6,39 | |

Medias comunes con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

11.3. Circunferencia foliar

En la tabla 10, se muestran los resultados de la circunferencia foliar de acuerdo al análisis de varianza aplicando la prueba Tukey al 5%, se observa datos estadísticos relativamente no

significativos ($p > 0.05$), debido a la similitud en las variables a los 15, 30, 45 y 60 días en el Botón de oro con valores 61,94 cm ; 70,58 cm; 79,26 cm y 87,96 cm en la secuencia de días del estudio, tanto que el tratamiento Botón de oro + Erythrina se muestra 62,65 cm; 69,69 cm; 78,39 cm; 87,02 cm, similar en referencia a la secuencia de días en toma de datos del estudio, la Erythrina tiene valores cercanos mostrándose no significativo, sin embargo forma parte del tratamiento Botón de oro + Erythrina, Ureña *et al* (2021) en su investigación presento diferencias significativas entre los tratamientos en el área foliar con un valor de 102,38 a los 60 días el cual fue superior al de la presente investigación.

Tabla 9. Circunferencia foliar de la planta de los tratamientos del Botón de oro en asociación con Erythrina.

| Tratamientos | Circunferencia foliar (cm) | | | | |
|------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 15 días | 30 días | 45 días | 60 días |
| Cultivo solo | Botón de oro | 61,94 | a 70,58 | a 79,26 | a 87,96 |
| | Botón de oro + Erythrina | 62,65 | a 69,69 | a 78,39 | a 87,02 |
| Cultivo asociado | Botón de oro | 58,00 | a 65,11 | a 76,08 | a 86,59 |
| | Erythrina | 58,00 | a 65,11 | a 76,08 | a 86,59 |
| CV (%) | | 7,63 | 6,99 | 6,77 | 6,80 |

Medias comunes con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

11.4. Largo del tallo

Se observa que no existen diferencias significativas en cuanto a los dos tratamientos de Botón de oro y Botón de oro + Erythrina obtienen datos similares entre los días de toma de datos en el ensayo tanto que su diferencia es mínima en el tratamiento Botón de oro + Erythrina a los 15 días 22,45, al igual que botón de oro a los 15 días 20,46, tanto que la toma final de los 60 días es de 36,96 y 37,89, Burbano & Trócho (2010) indican que según el análisis de varianza no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos por lo que a los 15 días se obtuvo el T1 23,67 cm en el largo del tallo, y a los 70 días 42, 34 cm encontrándose similar los tratamientos evaluados.

Acurio & Calle (2022), en su investigación indican que el largo de tallo a los 90 días, entorno a la asociación de Matarratón, Erythrina y Botón de oro obtuvieron un valor de 34 cm, y la investigación realizada a partir de la asociación de Botón de oro + Erythrina enfoca que se obtuvo un valores de 36,23 cm, mostrando un resultado mayor, resaltando la simbiosis que tienen unas especies arbustivas con otras.

Tabla 10. Largo del tallo de la planta de los tratamientos del Botón de oro en asociación con Erythrina.

| Tratamientos | | Largo del tallo (cm) | | | |
|------------------|----------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 15 días | 30 días | 45 días | 60 días |
| Cultivo solo | Botón de oro | 20,46 | a 26,71 | a 31,29 | a 36,96 |
| Cultivo asociado | Botón de oro + | 22,45 | a 28,35 | a 33,63 | a 37,89 |
| | Erythrina | 18,38 | c 24,52 | b 29,32 | b 36,23 |
| CV (%) | | 19,43 | 11,00 | 11,49 | 10,35 |

Medias comunes con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

11.5. Número de ramas

A los 15 días de la siembra del botón de oro se muestra el mayor promedio en la variable número de ramas con 2,30 en el tratamiento Botón de oro + Erythrina, en los próximos 60 días el número de ramas fue con un promedio de 8,05, debido al desarrollo del cultivo obteniendo valores significativos con el tratamiento botón de oro a los 15 días con 2,10 y a los 60 días 4,38, Carrión & Palacios (2022) obtuvieron a los 30 días de la siembra un valor aproximado de 37,21 en el número de ramas, y 167,57 a los 90 días, por otra parte Noboa & Naranjo (2022) reportaron que en su ensayo a los 30,45 y 60 días con un valor de 6,67; 8,50; 18,67 demostrándose superior a los datos de la presente investigación realizada en el centro experimental Sacha Wiwa.

Por otra parte, Acurio & Calle (2022) en su investigación a los 60 días tuvo una evaluación del número de ramas en Erythrina y obtuvo un promedio de 4,33 y en comparación con los resultados de la presente investigación con 4,17, se indica que se obtuvieron valores similares entorno a la asociación de diferentes especies arbóreas.

Tabla 11. Número de ramas de la planta de los tratamientos del Botón de oro en asociación con Erythrina.

| Tratamientos | | Número de ramas | | | |
|------------------|----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 15 días | 30 días | 45 días | 60 días |
| Cultivo solo | Botón de oro | 2,10 | a 3,56 | b 4,84 | a 4,38 |
| Cultivo asociado | Botón de oro + | 2,30 | a 5,86 | a 7,78 | b 8,05 |
| | Erythrina | 1,56 | b 2,54 | b 3,81 | c 4,17 |
| CV (%) | | 14,12 | 24,80 | 16,79 | 17,77 |

Medias comunes con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

11.6. Número de hojas

El Botón de oro en asociación con Erythrina indica a partir de los 30,45 y 60 días mejor interacción resultando obtener el 56,15 en comparación del tratamiento de botón de oro sin asociación resultando con 53,11, siendo el tratamiento de menor influencia en cuanto a la variable de la investigación, (Sánchez, 2023) observa a los 75 días un promedio bajo con 77, 00 en a variable número de hojas, mientras que (García, 2017) a los 60 días con 227, 17, valores superiores a la investigación, mientras que en su investigación obtuvo a los 45 días 171,80, una media en cuanto a los valores obtenidos.

Tabla 12. Número de ramas de la planta de los tratamientos del Botón de oro en asociación con Erythrina.

| Tratamientos | | Número de hojas | | | | | | | |
|------------------|----------------|-----------------|---------|--------------|---------|-------------|---|-------------|---|
| | | 15 días | 30 días | 45 días | 60 días | | | | |
| Cultivo solo | Botón de oro | 9,77 | a | 22,25 | b | 39,67 | b | 53,11 | b |
| Cultivo asociado | Botón de oro + | 9,54 | a | 24,08 | a | 43,87 | a | 56,15 | a |
| | Erythrina | 5,20 | b | 13,6 | c | 24,61 | c | 32,37 | c |
| CV (%) | | 16,21 | | 12,63 | | 7,54 | | 6,83 | |

Medias comunes con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

11.7. Análisis de suelo

A partir de los análisis de suelo se determinó las características físicas y químicas antes de establecer el ensayo donde el pH es de 5,74 siendo medianamente ácido, con un nivel de materia orgánica de 5,38 y nitrógeno total de 0,30 %, y un suelo franco arenoso como se indica en la tabla 14, mientras se preparaba el terreno para la siembra de los cultivos bajo estudio existen macro y micro elementos (P, S, Cu, B, Zn, Fe, Mn, K, Ca, Mg y N). en porcentajes de existencia en el suelo de bajos a medios respectivamente.

Tabla 13. Análisis de suelo antes de la siembra para la asociación del Botón de oro y Erythrina en el centro experimental Sacha Wiwa, parroquia de Guasaganda

| | % | | Ppm | | | | | | | meq/100g | | | % | |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | PH | M.O | NH4 | P | S | Cu | B | Zn | Fe | Mn | K | Ca | Mg | N. total |
| | 5,74 | 5,38 | 26,43 | 2,54 | 10,02 | 5,50 | 0,30 | 2,40 | 140,7 | 5,30 | 0,29 | 6,00 | 1,63 | 0,30 |
| INT. Me.Ac. | M | B | B | B | B | M | B | M | A | M | M | M | M | B |

Fuente: Análisis de suelo del laboratorio de AGROLAB.

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

Tabla 14. Análisis de suelo después de la siembra para la asociación del Botón de oro y Erythrina en el centro experimental Sacha Wiwa, parroquia de Guasaganda

| | % | | Ppm | | | | | meq/100g | | | | | % |
|-------------|-------|-------|------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|
| PH | M.O | NH4 | P | S | Cu | B | Zn | Fe | Mn | K | Ca | Mg | N. total |
| 5,37 | 13,18 | 48,36 | 4,25 | 6,96 | 3,00 | 0,14 | 3,30 | 198,7 | 4,10 | 0,13 | 8,00 | 1,74 | 0,38 |
| INT. Me.Ac. | M | B | B | B | M | B | M | A | M | M | M | M | B |

Fuente: Análisis de suelo del laboratorio de AGROLAB.

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

En la tabla 15 se indica los siguientes detalles después del establecimiento del ensayo donde el pH del suelo se encuentra a 5,37 en comparación del análisis inicial, por lo que la diferencia es posible debido a las condiciones climáticas que se presentan por temporadas de invierno, tanto que la materia orgánica muestra un valor de 13,18 demostrando una mejora en la capa del suelo a partir de la asociación de Botón de oro y Erythrina, por la fijación de nitrógeno al suelo existiendo una simbiosis entre suelo y planta, por otra parte el nitrógeno total tiene un % de 0,38 donde indica que son cultivos de regeneración progresiva para el suelo debido a su aporte en materia orgánica, hubo un aumento de fósforo, de 2,54 a 4,25, indicando que la asociación permite fijar este nutriente al suelo, además los macro y micro elementos tuvieron interacción por diversos factores climáticos el cual reflejó porcentajes de aumento y disminución en los elementos (P, S, Cu, B, Zn, Fe, Mn, K, Ca, Mg y N) con valores de (4,25; 6,96; 3,00; 0,14; 3,30; 198,7; 4,10; 0,13; 8,00; 1,74; 0,38).

11.8. Análisis de costos

En la tabla 16, se detalla el análisis de costos de establecimiento de los tratamientos de la investigación, en los insumos el T1: Botón de oro tiene un valor de \$19,6 mientras que el T2: Botón de oro+ Erythrina tiene un valor de \$30,8, mientras que entre los materiales y labores tienen ambos los mismos valores, al final cada uno de ellos obtiene un valor distinto, por lo que con respecto a rentabilidad económica el tratamiento con menor valor es el T1 con \$112,6, pero no es el mejor en resultados, por lo tanto con mayor valor y con rentabilidad en resultados más benéficos para los agricultores es el T2 con un valor de \$123,8.

Tabla 15. Análisis de costos de establecimiento de los tratamientos.

| Rubros | Botón de oro | Botón de Oro + Erythrina |
|------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| Insumos | | |
| Semillas de Botón de oro | 15,6 | 15,6 |
| Semillas de Erythrina | 0 | 11,2 |
| Cal | 4 | 4 |
| Subtotal | 19,6 | 30,8 |
| Materiales de campo | | |
| Machete | 5 | 5 |
| Rastrillo | 4 | 4 |
| Flexómetro | 4,5 | 4,5 |
| Piola | 5 | 5 |
| Pala | 8 | 8 |
| Azadón | 8 | 8 |
| Cuaderno | 1 | 1 |
| Subtotal | 31 | 31 |
| Labores culturales | | |
| Labores preculturales | 15 | 15 |
| Labores culturales | 15 | 15 |
| Análisis de suelos | 32 | 32 |
| Subtotal | 62 | 62 |
| Total/Tratamiento USD | 112,6 | 123,8 |

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

Se enmarca que no siempre el tratamiento con menor valor es el más rentable para los agricultores, los resultados de la asociación permite los agricultores puedan mantener de mejor manera los recursos del suelo, actividad que no podría en el T1, ya que solo se estaría usando una especie, con el establecimiento de dos especies distintas de arbustos leñosos, se promueve la recuperación de macro y micro elementos de forma más eficaz, ya que las plantas se someten a una simbiosis entre ellas, para así poder desarrollarse de mejor manera en Sacha Wiwa, fomentando la asociación de cultivos y la recuperación del suelos en un tiempo mucho menor.

En la investigación de (Guamán & Macas2016), se destaca que la asociación de cultivos tiene un impacto significativo en el rendimiento de los cultivos, representando una manera efectiva de aprovechar la tierra. Según los hallazgos, se observaron beneficios que alcanzaron hasta un 122%, dependiendo de las especies de cultivos utilizadas en la asociación.

12. IMPACTOS

12.1. Ambiental

La asociación de cultivo entre Botón de oro y Erythrina son adecuados para el aporte de materia orgánica al suelo, para la regeneración de macro y micro elementos que se han bajado su porcentaje de presencia debido a las malas técnicas agrícolas, por lo que este permite una mejor asimilación entre suelo y planta, siendo una alternativa para la agricultura como abono verde.

12.2. Social

La implementación de técnicas de asociación de plantas fijadoras de nitrógeno no solo ofrece alternativas para mejorar los cultivos, sino que también fomenta el interés de los agricultores en mantener la fertilidad del suelo. Además, brinda una oportunidad valiosa para que los estudiantes aprendan e implementen nuevas técnicas de regeneración del suelo. Este enfoque no solo promueve la sostenibilidad agrícola, al mejorar la calidad del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos, sino que también educa y capacita a las generaciones futuras en prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente.

12.3. Económico

Las alternativas agroecológicas no solo son económicas y de fácil obtención, sino que también contribuyen a la conservación del ecosistema. La asociación de cultivos, en particular, permite mantener plantas beneficiosas para otros cultivos, lo que resulta en beneficios económicos tangibles. Además, al ser un método de cultivo orgánico, cuida la salud del suelo y no implica costos significativos de adquisición, especialmente cuando se utiliza como abono verde. Este enfoque no solo promueve la sostenibilidad ambiental, sino que también puede ser rentable para los agricultores al reducir los costos de insumos y aumentar la productividad a largo plazo.

12.4. Técnico

En el presente trabajo de investigación, se evaluó la asociación del Botón de oro con la Erythrina el cual en asociación su desarrollo es considerable en comparación a no asociarse, el desarrollo de la planta en cuanto a las variables tomadas en el estudio y análisis de suelo indican la importancia de los cultivos mixtos para su desarrollo en el campo y regeneración de los suelos.

13. PRESUPUESTO

Esta tabla 17 se muestra una descripción clara de los implementos utilizados en la investigación, así como la unidad de medida, la cantidad, el costo unitario y los costos totales asociados a cada tratamiento.

Tabla 16. Presupuesto de la investigación.

| Descripción | Unidad | Cantidad | Costo Unitario | Costo total |
|----------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Semillas de Botón de oro | Unidad | 104 | \$ 0,15 | \$ 15,60 |
| Semillas de Erythrina | Unidad | 52 | \$ 0,20 | \$ 11,20 |
| Flexómetro | Unidad | 1 | \$ 4,50 | \$ 4,50 |
| Cinta métrica | Unidad | 1 | \$ 5,00 | \$ 5,00 |
| Carteles de identificación | Unidad | 14 | \$ 0,50 | \$ 7,50 |
| Análisis de suelo | Laboratorio | 2 | \$ 30,00 | \$ 60,00 |
| Rollo de piola | Unidad | 2 | \$ 2,50 | \$ 5,00 |
| Cal | Sacos | 1 | \$ 4,00 | \$ 8,00 |
| Pala, rastrillo, azadón, machete | Unidad | 2 | \$ 8,00 | \$ 16,00 |
| Impresiones del documento | Unidad | 6 | \$ 3,00 | \$ 20,00 |
| Combustible | Litros | 8 | \$ 5,00 | \$ 40,00 |
| Imprevistos | | | | \$ 25,00 |
| TOTAL | | | | \$ 217,80 |

Elaborado por: Alava y Molina, (2024).

14. CONCLUSIONES

El tratamiento en asociación Botón de Oro + Erythrina resultó ser significativamente mejor en cuanto a todas las variables del estudio, se observó una relación positiva entre la altura y el diámetro, lo que sugiere la importancia de considerar estos parámetros al manejar sistemas agroforestales con estas especies.

El análisis de suelo demuestra el aporte que tiene la asociación de Botón de oro y Erythrina, indicando el aumento de materia orgánica de 5,38% a 11,13%, y nitrógeno total inicial 0,30 y final de 0,38, en el aporte de nutrientes que brindan estas plantas al suelo a partir de la fijación directa de nitrógeno y abono verde, revelando una mejora significativa en la capa del suelo como resultado.

Los costos de establecimiento del cultivo de Botón de oro asociado con Erythrina han sido determinados con un total de \$123,8, se presenta como la opción más beneficiosa para los agricultores, ya que ofrece resultados más favorables a pesar de su mayor costo.

15. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones de la asociación de Botón de oro con Erythrina en diferentes pisos climáticos, para determinar si el clima o el tipo de suelo tienen influencia en el desarrollo de las mismas y si aportan al suelo características benéficas en torno al macro y micro nutrientes.
- Se recomienda realizar proyectos investigativos de cultivos asociados con el objetivo de mejorar pastizales, potreros, cultivos asociados y elaboración de alimentos para animales de granja.

16. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, D. (2017). Adaptación de dos variedades de café robusta (*Coffea canephora*) con fuentes diferentes de fertilizantes en el primer año de cultivo. Quito, Ecuador;: Tesis Ing. Universidad Central del Ecuador.
- Acurio, J., & Calle, J. (2022). Implementación de bancos forrajeros de especies leñosas de matarratón (*Gliricidia sepium*), Caraca (*Erythrina poeppigiana*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), en el cantón La Maná. La Maná-Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8571/1/UTC-PIM-%20000461.pdf>
- Álava, A. (2022). Producción de semillas de flemingia (*Flemingia macrophylla*) en diferentes edades de corte en Sacha Wiwa parroquia de Guasaganda. La Maná - Ecuador: Tesis Ing. Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.
- Alcantara, J. (2018). Comportamiento del *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour. Bajo condiciones de fertilización y densidades para la readecuación agroecológica de suelos alterados en el distrito de Monzón. Huánuco: Tesis Ing. Universidad Nacional Hermilio Valdizan Huánuco.
- Aman, J. (2018). Evaluación de fertilizantes orgánicos y convencionales sobre el desarrollo vegetativo de plántulas clonales de café robusta en la zona de babahoyo, provincia de los Ríos. Babahoyo, Ecuador: Tesis Ing. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Barcia, V. (2022). Caracterización bromatológica del valor nutricional del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en 3 etapas de su ciclo fisiológico con fines de alimentación animal. Manabí, Ecuador: Tesis Ing. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4141/1/BARCIA%20REYES%20VICTOR%20DANIEL...pdf>
- Borges, J., & Barrios, M. (2015). Evaluación del estrato herbáceo y aporte forrajero en una asociación natural entre *Cynodon plectostachyus* y *Erythrina poeppigiana*. *Agroforestería Neotropical*, 5, 12.
- Burbano, E., & Trócho, L. (2010). Respuesta a diferentes edades de rebrote de botón de oro (*tithonia diversifolia*). *Universidd del Cauca*, 52-77. Obtenido de <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/739/RESPUESTA%20A%20DIFERENTES%20EDADES%20DE%20REBROTE%20DE%20BOT%>

- C3%93N%20DE%20ORO%20Tithonia%20diversifolia%20%28Hemsl.%29%20A.%20Gray_unlocked.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Calderoli, P. (2016). Análisis de las poblaciones de microorganismos fijadores de nitrógeno del suelo aplicando procedimientos metagenómicos. Tesis Doc. Universidad Nacional de La Plata.
- Cárdenas, C. (2021). Eficiencia agronómica de la asociación del cultivo de maíz (*Zea mays*) vs leguminosas fréjol cuarentón, (*Pasheolus vulgaris*) - maní (*Arachis hypogaea*) y su efecto en el rendimiento. Mocache- Ecuador: Tesis Ing. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Carranza, C. (2021). Eficiencia Agronómica de la asociación de cultivo maíz (*Zea mays*) vs leguminosas fréjol cuarentón, (*Phaseolus vulgaris* L.) - maní (*Arachis hypogaea*) y su efecto en el rendimiento. Mocache- Ecuador: Tesis Ing. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/011e43c5-54f8-4ae4-8e32-59cb463c739c/content>
- Carrión , L., & Palacios, R. (2022). Comportamiento agronómico y composición química del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la parroquia Guasaganda del cantón La Maná. La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8649/1/UTC-PIM-%20000479.pdf>
- Carrión, L., & Palacios, R. (2022). Comportameinto agronómico y composición química del botón de oro (*tithonia diversifolia*) en la parroquia Guasaganda del Cantpon La Maná. Universidad Técnica de Cotopaxi, 1-57. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8649/1/UTC-PIM-%20000479.pdf>
- Carrión, L., & Palacios, R. (2022). Comportamiento agronómico y composición química del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la parroquia Guasaganda del Cantón La Maná. La Maná: Tesis ing. Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.
- Cascante, P. (2017). Crecimiento y desarrollo de rebrotes de café (*Coffea arábica* I) mediante la utilización de *trichoderma harzianum*, foliares a base de reguladores de crecimiento y boro-zinc en la zona Palmichal, Acosta. San Carlos, Costa Rica;: Tesis Ing. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Cedeño, D., & Vera, E. (2017). Efectividad de varias combinaciones de nitrógeno Azufre, Zinc, Manganeso, boro y fitohormonas sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional.

- Calceta, Ecuador: Tesis Ing. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí
Manuel Félix López.
- Cerdas, R. (2018). Extracción de nutrientes y productividad del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *Intersedes*, 19(39). Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-24582018000100172
- Chavez, S. (2012). Efecto de varios niveles de harina de botón de oro *Tithonia diversifolia* más saccharina en la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde. Riobamba: Tesis Ing. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/2946/1/17T1165.pdf>
- Contreras, L. (2022). Nutrientes esenciales en el cultivo de Café (*Coffea arábica* L) en Ecuador. Babahoyo, Ecuador: Tesis Ing. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Díaz, A. (2019). Composición química, degradabilidad y cinética ruminal in situ de la caraca (*Erythrina poeppigiana*) en diferentes períodos de corte. Quevedo: Tesis Ing. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d3bd18ce-e14c-44e0-8405-40c42ad4c20f/content>
- Edgar, P., & Leonel, T. (2022). Efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento y la calidad de forraje del botón de oro (*Tithonia diversifolia*). *Revista Semilla del Este*, 2(1), 59-69. Obtenido de https://uptv.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2467/2252
- Fuentes, K. (2022). Efecto de la interacción hongo bacteria sobre la degradación de materia orgánica, en sedimentos marinos costeros. Concepción-Chile: Tesis Ing. Universidad de Concepción. Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/9959/1/Karina%20Fuentes%20Tesis.Image.Marked.pdf>
- Fuentes, O. (2018). Caracterización nutricional del porotón (*Erythrina edulis*) en dos etapas fenológicas y su potencial productivo en el cantón Rumiñahui. Sangolquí - Ecuador: Tesis Ing. Universidad de las fuerzas armadas Innovación para la excelencia ESPE.
- Gallego, L. (2016). +Evaluación agronómica y análisis productivo del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) como suplemento alimenticio de vacas lecheras en trópico alto. Medellín: Tesis Mag. Universidad de Antioquia. Obtenido de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/6113/1/GallegoCastroL_2016_EvaluacionAgronomicaAnalisis.pdf

- García, D. (2017). Comportamiento Agronómico y evaluación química del botón de oro (*tithonia diversifolia*) cosechados a diferentes edades en la zona de Mocache, provincia de los ríos. Quevedo: Tesis Ing. Universidad técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/161bede9-899c-4c74-b34b-f4d2e5db7c23/content>
- García, D. (2017). Comportamiento agronómico y evaluación química del botón de oro (*tithonia diversifolia*) cosechados a diferentes edades en la zona de Mocahce, provincia de los Ríos, 52-74. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/161bede9-899c-4c74-b34b-f4d2e5db7c23/content>
- Gómez Rodríguez, O., & Zavaleta Mejía, E. (2001). La Asociación de Cultivos una Estrategia más para el Manejo de Enfermedades, en Particular con Tagetes spp. Revista Mexicana de Fitopatología, 19(1), 94-99. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/612/61219114.pdf>
- Gómez, M. I., López, M. Á., & Cifuentes, Y. C. (2006). El manganeso como factor positivo en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) y arveja (*Pisum sativum* L.) y arverja (*Pisum sativum* L.) en suelos del altiplano Cundiboyacense. Agronomía Colombiana, 24(2), 240-347. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180316239018.pdf>
- Hervacio, T. (2021). Producción de maíz y haba en tres sistemas de siembra intercalada mediante el uso eficiente de la tierra (LER). El Mantaro-Perú: Tesis Ing. Universidad Nacional del centro del Perú. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7391/T010_70038764_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Intiquilla, A. (2015). Evaluación de la actividad antioxidante de las fracciones peptídicas de hidrolizados proteínicos obtenidos a partir de semillas de *Erythrina edulis*. Lima: Tesis Ing. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/4598/Intiquilla_qa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López, A., Diaz, L., & Calero, W. (2019). Efecto de tres fertilizantes orgánicos en el crecimiento de botón de oro en condiciones de vivero, nueva Guinea, RACCS. Revista Ciencia e Interculturalidad, 24(1). Obtenido de <https://camjol.info/index.php/RCI/article/view/8016/8016>

- Marín, I. (2017). La ecología del suelo, una estrategia para desarrollar pensamiento científico a partir de la indagación. Bogotá-Colombia: Tesis Ing. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/64083/IngridMar%c3%adn.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, W. (2022). Evaluación de tres abonos orgánicos con tres dosis en la asociación de cultivos de Vicia (*Vicia sativa* L.) y Avena (*Avena sativa* L.) en el sector Salache, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2021-2022. Latacunga: Tesis Ing. Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8773/1/PC-002314.pdf>
- Medina, K. (2008). Efecto de la fertilización mineral y orgánica sobre la incidencia y severidad de malezas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona de Lomas de Sargentillo Provincia del Guayas. Guayaquil-Ecuador: Tesis Ing. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11939/3/TESIS.pdf>
- Molina, D., & Nuñez, J. (2017). Impacto del cambio de uso del suelo sobre los servicios ambientales y biodiversidad en una sub cuenca en el municipio de la Calera. Bogotá: Tesis Ing. Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/391ee8b5-9329-4e08-8fa7-8621bc11a560/content>
- Noboa, J., & Naranjo, J. (2022). Implementación de bancos forrajeros de especies leñosas de matarratón (*gliciridia sepium*), caraca (*Erythrina poeppigiana*) y boton de oro (*Tithonia diversifolia*). Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8571/1/UTC-PIM-%20000461.pdf>
- Oliva, H., López, M., & Castillo, E. (2021). Composición química y producción de follaje de *Erythrina americana* (Fabaceae) en cercos vivos durante dos épocas climáticas. *Revista de Biología tropical*, 69(1), 90-101. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v69n1/0034-7744-rbt-69-01-90.pdf>
- Oliva, J., López, M., & Castillo, E. (2021). Asociación entre medidas morfológicas del tronco en *Erythrina americana* Miller y rendimiento de follaje comestible. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(1).
- Panchana, A. (2022). Análisis documental de la perspectiva del multiuso de la planta botón de oro (*Tithonia diversifolia*) para la alimentación animal. *La libertad*: Tesis Ing.

- Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8733/1/UPSE-TIA-2022-0049.pdf>
- Pico, B., & Ormaza, M. (2019). Estudio Comparativo del porcentaje de captura de carbono entre las especies porotillo (*Erythrina velutina wild*) y Algarrobo (*Prosopis pallida*) en el cerro montecristi. Manta: Tesis ing. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi. Obtenido de <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/3098/1/ULEAM-RNA-0064.pdf>
- Pilatuña, M. (2018). Aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno y bioestimuladores del crecimiento vegetal con potencial en la producción de biofertilizantes. Cevallos-Ecuador: Tesis Ing. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28545/1/Tesis-208%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20599.pdf>
- Ponce, J. (2019). Composición química, degradabilidad y cinética ruminal in situ del boton de oro (*Tithonia diversifolia*) en diferentes periodos de corte. Tesis Ing. Quevedo - Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Quezada, E. (2021). Aplicaciones potenciales de chachafruto (*Erythrina adulis*) en la alimentación animal. Riobamba: Tesis Ing. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/15626/1/17T01654.pdf>
- Quintero, C. (2016). Influencia de la composición y la superficie de los usos del suelo en un sistema ganadero sobre los servicios ecosistémicos y la biodiversidad del suelo en la región de Carimagua - Llanos orientales. Palmira, Colombia: Tesis Ing. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80349/Tesis%20Maestr%C3%ADa-Carolina_Quintero_Serrano-Unal.%201.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Quisaguana, O. (2018). Caracterización nutricional del porotón (*Erythrina edulis*) en dos etapas fenológicas y su potencial productivo en el Cantón Rumiñahui. Sangolqui: Tesis Ing. Universidad de las fuerzas Armadas. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14894/1/T-ESPE-057961.pdf>
- Ramírez, R. (2018). Extracción de nutrientes y productividad del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. InterSedes, 19(39). Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-24582018000100172

- Sanabria, E., & Avila, E. (2015). Producción de follaje de la especie Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) utilizando 5 técnicas de siembra con fines de alimentación animal. Universidad Nacional Abierta y a distancia UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3713/86047820.pdf;jsessionid=9773C87D0891EC4734DDCE6ADA5F1725.jvm1?sequence=1>
- Sanabria, E., & Ávila, I. (2015). Producción de follaje de la especie botón de oro (*Tithonia diversifolia*) utilizando 5 técnicas de siembra con fines de alimentación animal. Cubarral: Tesis Ing. Universidad Nacional Abierta y a distancia UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3713/86047820.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, J. (2023). Evaluación agronómica del botón de oro (*tithonia diversifolia*) a diferentes edades en la quinta experimental "El Padmi" de la UNL. Universidad de Loja. Obtenido de https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27180/1/JhoselynArah%c3%ad_S%c3%a1nchezRosales.pdf
- Santillán, C. (2022). Uso medicinal, ritual, artesanal y medioambiental. Ambato - Ecuador: Tesis ing. Universidad Tecnológica Indoamérica. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/4773/1/SANTILLAN%20VASCO%20NEZ%20CAROLINA%20ISABEL%20BIODIVERSIDAD%20Y%20RECURSOS%20GENETICOS.pdf>
- Tamayo, C. (2022). Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable. *Siembra*, 9(1). Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-88502022000100002
- Tamayo, F. (2015). Evaluación de diferentes sistemas silvopastoriles, en la región amazónica, como alternativa para la sostenibilidad de la actividad ganadera, en la granja experimental Palora del INIAP. Riobamba: Tesis Ing. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5471/1/Tesis%20Fernando%20Tamayo.pdf>
- Ureña, M., Campos, C., & Bourillo, A. (2021). Efecto de la fertilización nitrogenada y edad de rebrote sobre las características morfológicas y rendimiento agronómico del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) ecotipo INTA-Quepos1. *Nutrición Animal Tropical*, 15(1),

- 1-18. Obtenido de [file:///C:/Users/User/Downloads/47521-Texto%20del%20art%C3%ADculo-186901-2-10-20210708%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/47521-Texto%20del%20art%C3%ADculo-186901-2-10-20210708%20(1).pdf)
- Vásquez, M. (2022). Determinación morfométrica del tracto gastrointestinal (TFI) en pollos parrilleros alimentados con harina de botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Manabí: Tesis Ing. Universidad Técnica Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4175/1/VASQUEZ%20PARRALES%20MARIA%20JOSE.pdf>
- Zamora, J. (2019). Composición química, degradabilidad y cinética ruminal in situ del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en diferentes periodos de corte. Quevedo: Tesis Ing. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/03067791-2262-4a49-bfa5-4205f483bb50/content>
- Zumba, V. (2020). Estudio Comparativo del Sulfato de magnesio en suelo arcilloso en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*). Milagro: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ZUMBA%20LUCERO%20VICTOR%20ROBERTO.pdf>