



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**Sede Santo Domingo**

**DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**CARACTERIZACIÓN EX SITU AGROBOTÁNICA DE UN FORRAJE NO  
CONVENCIONAL *Tithonia diversifolia* (BOTÓN DE ORO) ESTABLECIDO A  
DIFERENTES DISTANCIAS DE SIEMBRA Y EDADES DE CORTE**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el Grado de  
Magister en Producción Animal**

**AUTOR:**

Darío Xavier Moreira Vera

**DIRECTOR DE TESIS:**

Ing. M.Sc. José Herminio Jiménez Anchatuña

**Santo Domingo – Ecuador**

**Mayo – 2015**

**CARACTERIZACIÓN EX SITU AGROBOTÁNICA DE UN FORRAJE NO CONVENCIONAL *Tithonia diversifolia* (BOTÓN DE ORO) ESTABLECIDO A DIFERENTES DISTANCIAS DE SIEMBRA Y EDADES DE CORTE**

Ing. M.Sc. José Herminio Jiménez Anchatuña.

**DIRECTOR DE TESIS**

---

**APROBADO**

Dra. M.Sc. Luz María Martínez Buñay, MSc.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Dr. Juan Humberto Avellaneda Cevallos, Ph.D

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Julio Enrique Usca Mendez, M.Sc.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Santo Domingo..... de..... 2015.

## **CERTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE DE AUTORÍA DEL TRABAJO**

Yo, DARÍO XAVIER MOREIRA VERA declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional.

Además; y, que de acuerdo a la Ley de Propiedad Intelectual, todos los derechos del presente trabajo de investigación pertenecen a la Universidad Tecnológica Equinoccial, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Dario Xavier Moreira Vera**

**C.I. 1309216792**

## **INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**

### **APROBACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por el señor DARÍO XAVIER MOREIRA VERA, previo a la obtención del Grado Magister en PRODUCCION ANIMAL, considero que dicho Trabajo reúne los requisitos y disposiciones emitidas por la Universidad Tecnológica Equinoccial por medio de la Dirección General de Posgrado para ser sometido a la evaluación por parte del Tribunal examinador que se designe.

En la Ciudad de Santo Domingo, a los ..... del mes de ..... del 2015.

---

**Ing. M.Sc. José Herminio Jiménez Anchatuña**

**C.I. 0600698526**

# *Agradecimiento*

Primeramente a Dios todo poderoso y mi querida familia

A la Universidad Tecnológica Equinoccial por permitirme desarrollar mis conocimientos

A la hacienda agrícola ganadera el cedro perteneciente al Dr. Fabian Pita y Rafael Matute.

Al Ing. M.Sc. José Herminio Jiménez Anchatuña, Director de mi tesis de grado puntal importante de este logro.

A Carlos Iván Garcés Vélez amigo incondicional que me apoyo en la buenas y malas en este trayecto.

A la empresa en la cual me desempeñe y que me dio la oportunidad de crecer como profesional al Consorcio Minga del Cacao a sus dos organizaciones que forman parte CYD y MCCH.

# *Dedicatoria*

A mi esposa María Lourdes Macias Zambrano y mis dos hijos

José Darío y Juan Diego

## INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos de la investigación .....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
1.2. Hipótesis .....	3
1.2.1. Hipótesis general.....	3
1.2.2. Hipótesis alternativa .....	3
1.2.3. Hipótesis nula .....	3

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la Investigación.....	4
2.2. Marco teórico .....	6
2.2.1. <i>Tithonia diversifolia</i> .....	6
2.2.1.1. Generalidades.....	6
2.2.1.2. Usos .....	7
2.2.1.3. Características productivas.....	8
2.2.1.4. Características nutricionales.....	8

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	Sitio de estudio (localización, características climáticas y edáficas) .....	10
3.2.	Técnicas, procedimientos, instrumentos y recursos .....	10
3.2.1.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	10
3.2.2.	Técnicas de procesamiento de datos y análisis de datos.....	10
3.2.3.	Recursos humanos, materiales y tecnológicos.....	11
3.2.3.1.	Recursos Humanos .....	11
3.2.3.2.	Recursos materiales .....	11
3.3.	Factores, niveles, tratamientos, diseño experimental y variables en estudio .....	11
3.3.1.	Factores y niveles.....	11
3.3.2.	Tratamientos.....	12
3.3.3.	Unidad experimental .....	12
3.3.4.	Diseño experimental.....	12
3.3.5.	Variables en estudio .....	13
3.3.5.1.	Independientes.....	13
3.3.5.2.	Dependientes .....	13
3.3.6.	Métodos estadísticos.....	14
3.4.	Manejo del experimento .....	14
3.5.	Metodología de la investigación .....	15



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento agroproductivo del <i>Tithonia diversifolia</i> .....	17
4.1.1. Altura de la planta (cm) .....	17
4.1.2. Longitud de hoja (cm).....	22
4.1.3. Número de hojas por tallo (u).....	24
4.2. Producción de forraje verde (t/ha/corte) .....	25
4.2.1. Producción de materia seca (t/ha/corte).....	28
4.3. Mediciones experimentales según el comportamiento botánico .....	30
4.3.1. Persistencia, resistencia a la sequía, heladas y tolerancia a las enfermedades .....	30
4.3.2. Hábito de crecimiento .....	31
4.3.3. Forma de tallo.....	32
4.3.4. Forma, color y viabilidad de la semilla .....	32
4.3.5. Longevidad de la planta (vigor) .....	32
4.4. Análisis bromatológico del botón de oro, ( <i>Tithonia diversifolia</i> ), establecido a diferentes edades de corte .....	32
4.4.1. Contenido de proteína .....	32
4.4.2. Contenido de fibra .....	34
4.4.3. Contenido de materia seca.....	34
4.5 Análisis económico .....	34

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones .....	37
5.2	Recomendaciones.....	38
	BIBLIOGRAFÍA .....	39
	ANEXOS.....	44

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Análisis proximal <i>T. diversifolia</i> , de acuerdo a su estado vegetativo (%).....	9
Tabla 3.1. Esquema del Análisis de Varianza .....	13
Tabla 4.1. Comportamiento agroproductivo del Botón de oro, ( <i>Tithonia diversifolia</i> ), por efecto de la edad de corte.....	18
Tabla 4.2. Comportamiento agroproductivo del Botón de oro, ( <i>Tithonia diversifolia</i> ), por efecto de la distancia de siembra.....	20
Tabla 4.3. Comportamiento agroproductivo del Botón de oro, ( <i>Tithonia diversifolia</i> ), por efecto de la interacción entre la edad de corte y distancia de siembra. ....	21
Tabla 4.4. Características botánicas del Botón de oro, ( <i>Tithonia diversifolia</i> ) .....	31
Tabla 4.5. Análisis bromatológico del <i>Tithonia diversifolia</i> (Botón de oro) establecido a diferentes edades de corte .....	33
Tabla 4.6. Evaluación económica de <i>Tithonia diversifolia</i> (Botón de oro).....	36

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 4.1. Regresión de la altura de la planta del <i>Tithonia diversifolia</i> por efecto de la edad de corte. ....	22
Figura 4.2. Regresión de la longitud de hoja del <i>Tithonia diversifolia</i> por efecto de la edad de corte. ....	23
Figura 4.3. Regresión del número de hojas por tallo del <i>Tithonia diversifolia</i> por efecto de la edad de corte. ....	25
Figura 4.4. Comportamiento de la producción de forraje verde del <i>Tithonia diversifolia</i> por efecto de la interacción de la edad de corte por distancia de siembra. ....	27
Figura 4.5. Regresión del número de la producción de forraje verde del <i>Tithonia diversifolia</i> por efecto de la edad de corte. ....	27
Figura 4.6. Comportamiento de la producción de Materia seca del <i>Tithonia diversifolia</i> por efecto de la interacción de la edad de corte por distancia de siembra. ....	29
Figura 4.7. Regresión del número de la producción de Materia seca del <i>Tithonia diversifolia</i> por efecto de la edad de corte. ....	30

## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXOS

- Anexo A. Análisis estadístico de altura de la planta del *Tithonia diversifolia*.
- Anexo B. Análisis estadístico de longitud de hoja del *Tithonia diversifolia*.
- Anexo C. Análisis estadístico de Número de hojas por tallos del *Tithonia diversifolia*.
- Anexo D. Análisis estadístico de la producción de forraje verde del *Tithonia diversifolia*.
- Anexo E. Análisis estadístico de producción de materia seca del *Tithonia diversifolia*.



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Sede Santo Domingo

DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**Caracterización ex situ agrobotánica de un forraje no convencional *Tithonia diversifolia* (botón de oro) establecido a diferentes distancias de siembra y edades de corte**

**Autor: Darío Xavier Moreira Vera**

**Director: Ing. M.Sc. José Herminio Jiménez A.**

## RESUMEN

Los pastos constituyen la principal fuente alimenticia para el ganado, sin embargo, la poca importancia que se les da ha influido notoriamente sobre la producción ganadera. En el litoral ecuatoriano, el principal problema que deben enfrentar los ganaderos es el déficit de alimento en épocas en las que los pastos tradicionales se ven limitados. De tal forma que la incorporación de fuentes forrajeras alternativas para el ganado permita a los productores mejorar los rendimientos. Este es el caso de del Botón de oro, que es actualmente utilizado, sin embargo no existe información técnica que delimite el manejo que debe darse a esta especie. En la provincia de Manabí, cantón el Carmen, en la Hacienda Agrícola Ganadera El Cedro se realizó la caracterización ex situ agrobotánica de *Tithonia diversifolia* (Botón de oro), las variables de estudio fueron la identificación de las principales características botánicas y agroproductivas, bajo un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial (DxE) con 4 repeticiones por tratamiento donde D es la densidad de siembra y E la época de corte. Las mediciones experimentales permitieron concluir que, por un lado, las respuestas con mejor comportamiento, respecto a la altura de planta, longitud de hojas y número de hojas por tallo, por efecto de la edad de corte, se registraron en los tratamientos E3 (75 días), E2 (60 días) y E3 (75 días) con valores de 48,67 cm, 38,75 cm y 5,83 hoja/tallo, respectivamente. Mientras que, la caracterización botánica reportó que el botón de oro presenta una tolerancia a las enfermedades, resistencia y persistencia alta; un hábito de crecimiento, erecto; una forma de tallo, principal; forma y color de la semilla, redonda amarilla; y una longevidad de planta, muy buena. Los parámetros productivos, en la variable producción de forraje verde, registraron la mejor respuesta en el tratamiento E3D3 (75 días, 60 cm) con 5,25 t/ha/corte y consecuentemente 0,79 t/ha/corte de materia seca.

**Descriptor:** *Tithonia diversifolia*, Botón de oro, densidad de siembra, ganadería, edad de corte.



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Sede Santo Domingo

DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**Caracterización ex situ agrobotánica de un forraje no convencional *Tithonia diversifolia* (botón de oro) establecido a diferentes distancias de siembra y edades de corte**

**Autor: Darío Xavier Moreira Vera**

**Director: Ing. M.Sc. José Herminio Jiménez A.**

## SUMMARY

Pastures are the main food source for cattle, however, the little importance are given, noticeably influenced on livestock production. In the Ecuadorian litoral, the main problem faced by farmers is the lack of forage in times when traditional pastures are limited. Then, the incorporation of alternative sources for livestock forage will allow producers improve yields. This is the case of the Gold button, which is currently used, however there is no technical information to identify the management to be given to this species. In Manabí province, El Carmen Town, is located El Cedro farm, in where, an study of the Agrobotany exsitu characterization of *Tithonia diversifolia* (Gold button) was conducted. The main study variables were: the identification of the botanical characteristics and the forage production. The research was developed in a randomized design with an bifactorial accordance. For this investigation, the factor D was the planting density and factors E correspond to the la cutting time. The experimental measures allowed identify that, the best treatment according the plant height considered the cutting time was at the 75 days. Respect to the number and long of sleeve:sheet relationship, was best at the 60 days with 38,75 cm and 5,83 sleeve/sheet at the 75 days. The report of the botanic characterization of the Gold button, showed that it has a high capability for disease tolerance and high strength and persistence. Its growth habit is erect and his seed is round and yellow. This plant has a very good lifespan. According to the productive parameters, the best forge production was to the 75 days, with a planting density of 60 cm, allowed 5,25 t/ha/cut and his consequently, matter dry production was 0,79 t/ha/cut.

**Key words:** *Tithonia diversifolia*, Gold button, plant density, livestock, time cutting.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas ganaderos tropicales requieren de profundas transformaciones en el manejo alimenticio, considerando a la actividad ganadera como un ecosistema, con una utilización más efectiva de los recursos (Mahecha y Escobar, 2007). La utilización de nuevas alternativas forrajeras, se propone como una herramienta que permita mejorar la productividad secundaria, sin que esto signifique incrementar los costos de producción.

La importancia de los pastos en la producción animal, radica en que éstos son considerados la base fundamental de dicha actividad cuantitativa como cualitativamente, de aquí la importancia de la realización del presente estudio cuyo principal objetivo es la búsqueda de alternativas forrajeras, que posean las mismas o superiores características de los pastos comúnmente utilizados.

*Tithonia diversifolia*, a pesar de ser una especie no leguminosa posee un elevado valor nutritivo, y se adapta fácilmente a suelos pobres y ácidos. Mahecha y Escobar (2007), afirman que este tipo de especies tienen valores nutricionales superiores a los de los pastos y pueden producir elevadas cantidades de biomasa comestible que son más sostenidas en el tiempo que las del pasto bajo condiciones de cero fertilización. Además, es una especie que es capaz de producir adecuadamente sin ser exigente en su manejo, puede soportar la quema y la poda a nivel del suelo (Wanjau et al 1998), su principal característica es que tienen un rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo (Ríos, 1998).



Por lo antes expuesto, surge la imperiosa necesidad de determinar e identificar las principales características agrobotánicas de la *Tithonia diversifolia*, así como también las técnicas de manejo más adecuadas, que permitan aprovechar eficientemente la bondadosa productividad de esta especie de uso no tradicional, para de esta manera romper la dependencia de los ganaderos a ciertas especies forrajeras que son exigentes en el manejo, y más aún, se tornan vulnerables bajo determinadas condiciones climáticas de la zona, causando el problema de la escasez forrajera.

Esta investigación se desarrolló en un período de 7 meses en la granja experimental de la Hacienda Agrícola Ganadera EL Cedro, ubicada en el cantón El Carmen, la especie *Tithonia diversifolia* (botón de oro) fue la principal variable sujeta a estudio, de la cual se determinó las especificaciones técnicas adecuadas para obtener su máximo rendimiento. Con el desarrollo de esta investigación, se generó información básica acerca de las características productivas de esta especie, esto permitirá que los productores puedan manejar técnica y adecuadamente esta especie como una alternativa para la alimentación animal, especialmente en la época de sequía.

## **1.1 Objetivos de la investigación**

### **1.1.1 Objetivo general**

- Identificar las diferentes condiciones botánicas y agroproductivas del botón de oro, establecido a diferentes distancias de siembra y edades de corte.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Conocer las principales características botánicas de la planta.
- Caracterizar agroproductivamente a la *Tithonia diversifolia*
- Definir la distancia de siembra más adecuada para el cultivo del botón de oro.
- Evaluar la producción primaria en cantidad y calidad del botón de oro.
- Determinar el momento óptimo de corte correlacionando cantidad y calidad.

## **1.2 Hipótesis**

### **1.2.1 Hipótesis general**

- La caracterización botánica y agroproductiva del botón de oro y la determinación de la distancia de siembra y edad de corte adecuadas tendrá un efecto positivo sobre la producción forrajera.

### **1.2.2 Hipótesis alternativa**

- La caracterización botánica y agroproductiva del botón de oro y la determinación de la distancia de siembra y edad de corte adecuadas tendrá un efecto negativo sobre la producción forrajera.

### **1.2.3 Hipótesis nula**

- La caracterización botánica y agroproductiva del botón de oro y la determinación de la distancia de siembra y edad de corte adecuadas no tendrá ningún efecto sobre la producción forrajera.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

La búsqueda de alternativas alimenticias para el sector pecuario cobra especial atención debido a que de este rubro depende el mayor porcentaje de la producción, esto resulta mucho más importante aún si se considera la realidad que viven muchos productores al enfrentar épocas de gran escases forrajera.

Al respecto, se realizó un estudio agrobotánico que documenta el uso y manejo técnico que se debe dar a una especie no tradicional como la *Tithonia diversifolia* que están siendo utilizada en la actualidad para la alimentación animal, sin embargo, se desconocen los parámetros técnicos que permitan lograr una adecuada productividad. Pocas han sido las investigaciones que se han abordado en el Ecuador en torno al tema, esta especie a nivel nacional ha cobrado importancia desde el punto de vista de la formulación de balanceados para la alimentación de cuyes (Chávez, 2013), su efecto sobre la población microbiana ruminal (Zabala, 2010).

De igual manera, su utilidad como planta forrajera no ha sido muy estudiada, al respecto, Criollo (2013), probó el Botón de oro como una alternativa silvopastoril que promuevan la intensificación y recuperación de pasturas degradadas en la provincia de Orellana. Por otro lado, Olmedo (2009), investigó la influencia de las fases lunares, (Menguante y Luna Llena) sobre la propagación vegetativa del botón de oro *Tithonia diversifolia* para la formación de un banco de proteína.

A nivel internacional, el estudio de esta especie en cuanto a su potencial forrajero ha cobrado especial importancia, es así que ha sido investigado en la alimentación de bovinos, conejos, cuyes, ovejas y cerdos (Mahecha y Escobar, 2007). Asimismo, se han realizado estudios agronómicos para estudiar su producción de forraje en bancos de proteína de alta densidad (Ramírez *et al.*, 2010).

Al respecto, Mahecha y Rosales (2005), reportan que esta especie tiene muchas cualidades que le dan un potencial alto para la producción animal de la zona tropical, sí también afirman que entre los rasgos más relevantes de esta especie está su alta producción de biomas y su rápido rebrote después del corte, esto sumado a la gran tolerancia de esta especie a los suelos ácidos y de baja fertilidad baja. En su investigación reportan altos contenidos de proteína (alrededor del 20 % en materia seca) y alto degradabilidad de la materia seca *en sacco* (90 % después de 48h).

Por lo antes expuesto, recomiendan su utilización en la producción animal, ya que sugieren que posee un alto valor nutricional y un bajo contenido de compuestos secundarios, sobre todo taninos. Aseguran que a pesar de que existan informes de consumos satisfactorios en ovejas, bovinos y búfalos y hasta pollos hay pocos datos acerca de su valor nutritivo en condiciones prácticas de la producción animal.

De igual forma, Rios (1998), evaluó la producción de la especie bajo diferentes densidades de siembra y alturas de corte, quienes obtuvieron un rendimiento de biomasa fresca considerable (46-82 t/ha). De igual manera, Canul, Escobedo,

Lara, y López (2006), comprobaron la factibilidad de asociarla con otras especies arbóreas y gramíneas.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 *Tithonia diversifolia***

#### **2.2.1.1 Generalidades**

Varios autores (Medina, Garcia, González, Cova, y Moratinos, 2009), afirman que al ser una especie ampliamente difundida, es conocida comúnmente con diferentes nombres a lo largo de la zona tropical, por ejemplo: botón de oro (Ecuador), mirasol (Colombia), quil amargo (Guatemala), tara, flor amarilla o árnica (Venezuela) y margaritona o árnica de la tierra (Cuba).

*Tithonia diversifolia*, es un arbusto de la familia Asteraceae, que se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de las fronteras agrícolas en las zonas tropicales húmedas y subhúmedas de África (Jama *et al.*, 2000). Es originaria de África y posee un amplio rango de adaptación, es capaz de desarrollarse en terrenos con suelos infértiles y alcalinos (Rios, 1998). Afirma además que entre las principales características de esta especie esta la alta capacidad de producción de biomasa, rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo.

Medina y colaboradores (2009), aseguran que posee una variedad de características que la califican como una especie de alto potencial productivo para el sector pecuario:

- Es una especie arbustiva que se propaga fácilmente por la forma sexual o asexual. Florece todo el año y su uso principal ha sido en la apicultura y agroforestería como fuente de néctar y de atracción de insectos benéficos.
- Puede ser utilizada como abono verde para mejorar el suelo debido a que posee una rápida velocidad de descomposición y la particularidad principal para este fin consiste en la gran capacidad de movilizar el fósforo del suelo.
- Al ser una especie arbustiva, se ha empleado para la creación de cercas vivas y cortina rompe vientos.
- Finalmente, a pesar de ser una especie no leguminosa, su alto valor proteico le permite ser utilizada como banco de proteína en la alimentación animal. Al respecto, Zavala (2007) manifiesta que esta especie es capaz de lignificar primero sus tallos y en menor medida las hojas, por lo tanto posee una gran estabilidad en la calidad nutricional.

#### **2.2.1.2 Usos**

La versatilidad que presenta esta especie ha permitido darle distintos usos en el campo pecuario, de tal modo que, Rios (1998), asegura que ha sido utilizada en apicultura, alimentación de vacas, conejos, cuyes, ovejas y cerdos. Manifiesta además que se siembra como cerca viva para rodear sitios donde se ubican colmenas y áreas de bosque para protección de fuentes de agua. De igual manera, se utiliza también como especie ornamental y en parcelas de producción agrícola con alta diversidad para atraer insectos benéficos.

Investigaciones reportan que la utilización de Botón de oro en la elaboración de abonos verdes arrojan excelentes resultados en la mejora de la fertilidad del suelo (Jama *et al.*, 2000), (Ruíz *et al.*, 2014), (Rios, 1998)

### **2.2.1.3 Características productivas**

Según Rios (1998), posee un amplio rango de adaptación y dependiendo del área geográfica esta puede ser una planta anual o perenne, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad del suelo. Es capaz de florecer todo el año y a pesar de que se propaga fácilmente con semilla se recomienda el establecimiento a partir de esquejes.

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA (2013), asegura que es una planta herbácea o arbustiva que puede alcanzar de 1,5 a 4 metros de altura, posee un tallo erecto, ramificado y glabro con hojas alternas, pecioladas de 7 a 20 cm de largo de bordes aserrados, inflorescencia se dispone en capítulos con pétalos amarillos.

En cuanto a los requerimientos climáticos, se desarrolla adecuadamente de 0 a 2400 msnm, es una especie medianamente tolerante a la sombra, produce adecuadamente en temperaturas de 14 a 27 °C y una precipitación de 800-4000 mm/año (CORPOICA, 2013).

### **2.2.1.4 Características nutricionales**

La composición bromatológica de la *T. diversifolia* en 3 estados de desarrollo se presenta en la Tabla 2.1 (Rios, 1998), los resultados corresponden a un serie de muestras que abarcan hojas, peciolo, flores y tallos hasta 1.5 cm de diámetro.

**Tabla 2.1.** Análisis proximal *T. diversifolia*, de acuerdo a su estado vegetativo (%).

Descripción	Estados vegetativos		
	Prefloración	Floración	Postfloración
Materia seca	17,22	17,75	23,25
Proteína cruda	27,48	20,2	14,84
Fibra cruda	2,5	3,3	2,7
Cenizas	15,05	12,7	9,42
Extracto no nitrogenado	52,7	61,5	65,6
Calcio	2,14	2,4	1,96
Fósforo	0,35	0,36	0,32
Magnesio	0,05	0,06	0,06



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### **3.1 Sitio de estudio (localización, características climáticas y edáficas)**

La investigación se llevó a cabo en la Hacienda Agrícola Ganadera El Cedro, localizada en el cantón El Carmen, su ubicación geográfica es 0°16'00"S 79°26'00"O. Las condiciones climáticas del sector se caracterizan por una tener una temperatura promedio de 24° C, la humedad relativa es de 81% con una precipitación media anual de 2926 mm, una heliofanía 880 horas y una altitud de 250 m.s.n.m., su topografía es ligeramente irregular con un suelo franco arenosa (Calderón y Zambrano, 2006).

#### **3.2 Técnicas, procedimientos, instrumentos y recursos**

##### **3.2.1 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

La principal técnica utilizada en la elaboración de la presente investigación fue la de recolección bibliográfica, tanto de información primara a partir de la observación directa en el campo, mientras que la información secundaria se la obtuvo a partir de una amplia selección de bibliografía, los dos tipos de información permitieron el análisis e interpretación de los datos.

##### **3.2.2 Técnicas de procesamiento de datos y análisis de datos**

El procesamiento de la información se lo realizó utilizando el software estadístico INFOSTAT versión 2008 (Balzarini *et al.*, 2008).

### **3.2.3 Recursos humanos, materiales y tecnológicos**

#### **3.2.3.1 Recursos humanos**

- Director de tesis
- Investigador

#### **3.2.3.2 Recursos materiales**

- Cuadrante 1m<sup>2</sup>.
- Parcelas de *Tithonia diversifolia*

### **3.3 Factores, niveles, tratamientos, diseño experimental y variables en estudio**

#### **3.3.1 Factores y niveles**

Los factores y niveles de estudio se detallan a continuación:

- **Factor D (Distancias de siembra)**
  1. D1: 30 cm x 30 cm
  2. D2: 45 cm x 45 cm
  3. D3: 60 cm x 60 cm
- **Factor E (edades de corte)**
  1. E1: 45 días
  2. E2: 60 días
  3. E3: 75 días

### 3.3.2 Tratamientos

Te tuvo un total de 9 tratamientos (3 distancias de siembra x 3 edades de corte) con 4 repeticiones.

### 3.3.3 Unidad experimental

Se trabajó en un total 36 unidades experimentales provenientes de los 9 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, la superficie de cada unidad experimental fue de 25 m<sup>2</sup> (5 m x 5 m), dando una superficie total de 900 m<sup>2</sup>.

### 3.3.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial (DxE) con 4 repeticiones por tratamiento. El modelo matemático fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha_i \times \beta_j) + \sum_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Efecto de la media por observación

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto del factor D

$\beta_j$  = Efecto del factor E

$\alpha_i \times \beta_j$  = Efecto de la interacción entre factores

$\sum_{ijk}$  = Efecto del error experimental

El esquema del Análisis de Varianza ADEVA se presenta a continuación (Tabla 3.1):

**Tabla 3.1.** Esquema del Análisis de Varianza.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>GL</b>
Total	35
Factor D	2
Factor E	2
Interacción D x E	4
Error	27

### **3.3.5 Variables en estudio**

Las variables analizadas en la presente investigación fueron:

#### **3.3.5.1 Independientes**

- Densidad de siembra
- Época de corte

#### **3.3.5.2 Dependientes**

##### **a) Características botánicas**

- Hábito de crecimiento
- Forma del tallo
- Tipo y longitud de las hojas
- Relación hojas/tallo
- Forma y color de la semilla
- Altura de la planta
- Vigor de la planta

## **b) Características agroproductivas**

- Producción de forraje en verde y materia seca a los 45, 60 y 75 días edad
- Valor nutricional en cada corte
- Persistencia
- Resistencia a la sequía
- Tolerancia a las enfermedades

### **3.3.6 Métodos estadísticos**

Los resultados obtenidos se sometieron a los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de varianza.
- Separación de medias según Tukey.
- Análisis de regresión y correlación entre las variables.

## **3.4 Manejo del experimento**

Para el desarrollo de esta investigación el primer paso fue la preparación del terreno, se determinó el área a utilizar delimitando las parcelas de cada tratamiento con sus repeticiones respectivas, el establecimiento de cultivo de *Tithonia diversifolia* se lo realizó de forma asexual, considerando las diferentes distancias de siembra propuestas (30, 45 y 60 cm). Las labores culturales fueron iguales para todas las parcelas, controlándose principalmente las malezas. El riego se aplicó de acuerdo a las condiciones ambientales imperantes

Durante el desarrollo vegetativo de las especies en evaluación, se tomaron las medidas de las características botánicas de la especie. Mientras que las

características agroproductivas fueron evaluadas en cada edad de corte planteada como variable independiente (45, 60 y 75 días).

### **3.5 Metodología de la Investigación**

#### **a) Características botánicas**

Las características botánicas tales como la clase, longitud y profundidad de las raíces; hábito de crecimiento; forma del tallo; tipo y longitud de las hojas y forma y color de la semilla, se determinó a partir de la contrastación de lo observado en el campo con el material bibliográfico especializado para clasificar y caracterizar especies vegetales. Para la captura de la información inherente a la caracterización se adoptaron los descriptores correspondientes (Jiménez, Capelo, Samaniego, Oñate, Uvidia, 1996).

Por otro lado, la relación tallos/planta se determinó mediante un conteo de cada uno de los tallos presentes en cada planta de la parcela, de igual manera, la relación hojas/tallo que consistió en el conteo de cada una de las hojas por tallos de cada parcela. Estos pasos se realizaron por cada tratamiento y se calcularon los respectivos promedios.

Finalmente, la altura de la planta se determinó mediante la medición de esta y se expresó en cm, mediante la utilización de una regla graduada, tomando desde la superficie del suelo, hasta la media terminal de la hoja más alta.

**b) Características agroproductivas**

La producción de forraje en verde y materia seca se evaluó a los 30, 45 y 60 días, se calculó en función al peso, se tomó una muestra representativa de cada parcela, utilizando el Método del cuadrante, dejando la planta una altura prudencial para el rebrote. El peso obtenido se relacionó con el 100% de la parcela para luego hacer relación a una hectárea. Se tomó una muestra de 200 g para enviarla al laboratorio para determinar la materia seca y la composición bromatológica del mismo. En función de los resultados obtenidos se determinó la edad más apropiada para el corte.

El porcentaje de prendimiento se evaluó una sola vez a los 30 días de establecido el cultivo, se contabilizaron todas las estacas enraizadas de la muestra total y por diferencia se determinaron la mortalidad. Mientras que para el análisis de la resistencia a la sequía y a plagas y enfermedades, se realizó una apreciación del estado físico si fue víctima de plagas o enfermedades que afecten al cultivo, los datos fueron categorizados en función de su tolerancia como alta, media o baja.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Comportamiento agroproductivo del *Tithonia diversifolia*

##### 4.1.1 Altura de la planta (cm)

El estudio de la variable altura de la planta, por efecto de la edad de corte (factor E), registró diferencias estadísticas altamente significativas, ( $P < 0,01$ ), reportándose por lo tanto la mayor altura en el tratamiento E3 con 48,67 cm, y que desciende a 48,42 cm a los 60 días, mientras tanto que las respuestas más bajas fueron registradas a los 45 días de edad con 36,33 cm, difiriendo estadísticamente del resto de los tratamientos, como se ilustra en la Tabla 4.1.

Esto puede deberse a lo mencionado por Arronis, (2014), que manifiesta, a pesar de que no es una planta leguminosa, el botón de oro, conforme avanza en edad, acumula tanto nitrógeno en sus hojas como las leguminosas. Tiene altos niveles de fósforo, un gran volumen radicular, una habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo, es muy fuerte y puede soportar la poda a nivel del suelo, lo que favorece la nutrición de las plantas y garantiza su desarrollo lo que se traduce en una mayor altura de planta.

Al evaluar la distancia de siembra (factor D), las medias registradas de altura de la planta, del *Tithonia diversifolia*, registró que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P > 0,05$ ), observándose solo diferencias numéricas, en



**Tabla 4.1.** Comportamiento agroproductivo del Botón de oro, (*Tithonia diversifolia*), por efecto de la edad de corte.

Variables	Edad de corte (E)						EEM	Prob
	E1		E2		E3			
	45 días		60 días		75 días			
Altura de la planta (cm)	36,33	A	48,42	b	48,67	b	0,35	<0,0001
Longitud de hoja (cm)	20,08	B	38,75	a	38,67	a	0,70	<0,0001
Número de hojas/tallo (u)	4,17	C	4,92	b	5,83	a	0,11	<0,0001
Producción de forraje verde (t/ha/corte)	3,01	C	3,59	b	5,13	a	0,06	<0,0001
Producción de materia seca (t/ha/corte)	0,32	A	0,46	b	0,71	c	0,01	<0,0001

EE: Error estándar de la media

Prob: Probabilidad

E1: 45 días

E2: 60 días

E3: 75 días

donde las mejores respuestas se reportó en el tratamiento D3 con 45,08 cm, seguido por el tratamiento D2 con 44,33 cm para finalmente ubicar a la menor respuesta en el tratamiento D1 con 44,00 cm de altura de planta (Tabla 4.2).

Hay una ligera tendencia a presentar mayor altura en el tratamiento D3, posiblemente porque se genera menor competencia entre plantas por luz, lo que provoca una mayor elongación de tallos y por consiguiente una mayor altura de la planta. Mientras que en la interacción de los factores E y D, no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tabla ) para esta variable.

Gómez (2002), señalan que al evaluar la variable altura no encontraron diferencias significativas entre las densidades ( $P=0,425$ ). Esta variable alcanzó valores promedio de 190 cm en la densidad uno, 180 cm en la dos y 176 cm en la tres, valores que resultan superiores a los obtenidos en la presente investigación. Hay una ligera tendencia a presentar mayor altura en la densidad uno, posiblemente porque se genera algo de competencia entre plantas por luz, lo que provoca una mayor elongación de tallos.

Olmedo, A. (2009), al evaluar la influencia de la fases lunares, sobre la propagación vegetativa del botón de oro, obtuvo promedios generales para la altura de planta en ambos casos se presentó en forma creciente, 38,55, 49,78 y 60,94 cm para la luna llena, correspondientes a las evaluaciones a los 60, 120 y 160 días, en cuanto que para cuarto menguante los promedios fueron 38,48, 46,89 y 51,35 cm respectivamente, con un coeficientes de variación entre 13,09 a 29,09%, valores que resultan similares a las de la presente investigación.

**Tabla 2.2.** Comportamiento agroproductivo del Botón de oro, (*Tithonia diversifolia*), por efecto de la distancia de siembra.

Variables	Densidad de siembra (D)						EEM	Prob
	D1		D2		D3			
	30x30 cm		45x45 cm		60x60 cm			
Altura de la planta (cm)	44,00	a	44,33	a	45,08	a	0,35	0,09
Longitud de hoja (cm)	32,50	a	32,08	a	32,92	a	0,35	0,71
Número de hojas/tallo (u)	4,75	a	5,08	a	5,08	a	0,11	0,08
Producción de forraje verde (t/ha/corte)	3,89	a	3,80	ab	4,04	b	0,06	0,04
Producción de materia seca (t/ha/corte)	0,48	b	0,48	b	0,55	a	0,01	<0,0001

EE: Error estándar de la media

Prob: Probabilidad

**Tabla 4.3.** Comportamiento agroproductivo del Botón de oro, (*Tithonia diversifolia*), por efecto de la interacción entre la edad de corte y distancia de siembra.

Variables	Edad de corte x Densidad de siembra (E xD)									EEM	Prob.
	E1D1	E1D2	E1D3	E2D1	E2D2	E2D3	E3D1	E3D2	E3D3		
Altura de la planta (cm)	35,50	36,50	37,00	48,00	48,00	49,25	48,50	48,50	49,00	0,60	0,8294
Longitud de hoja (cm)	19,00	20,50	20,75	38,50	39,25	38,50	40,00	36,50	39,50	1,22	0,2623
Número de hojas/tallo (u)	4,25	4,25	4,00	4,50	5,00	5,25	5,50	6,00	6,00	0,2	0,1651
Producción de forraje verde (t/ha/corte)	3,27	2,76	3,00	3,30	3,60	3,87	5,10	5,06	5,25	0,11	0,004
Producción de materia seca (t/ha/corte)	0,31	0,29	0,38	0,44	0,47	0,46	0,68	0,67	0,79	0,01	0,001

EE: Error estándar de la media

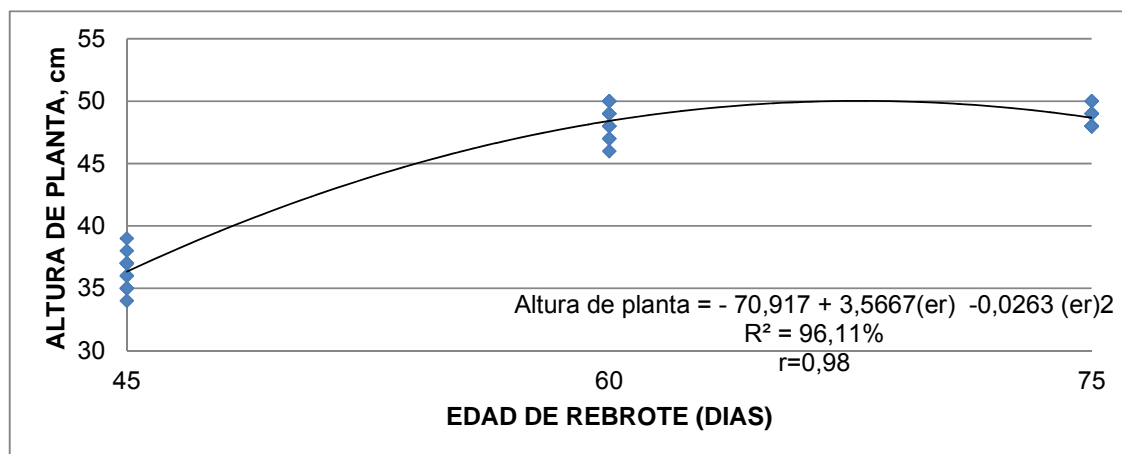
Prob: Probabilidad

E1: 45 días    D1: 30cm

E2: 60 días    D2: 45cm

E3: 75 días    D3: 60cm

El análisis de regresión de la altura de la planta que se ilustra en la Figura 4.1, determina una tendencia cuadrática altamente significativa, que infiere que partiendo de un intercepto de -70,97, la altura de la planta aumenta al incrementar los días de rebrote de la pradera conformada por *Tithonia diversifolia*, para finalmente descender en -0,026, con un coeficiente de determinación  $R^2=96,11\%$ , además existe una correlación positiva alta de 0,98 entre las dos variables.



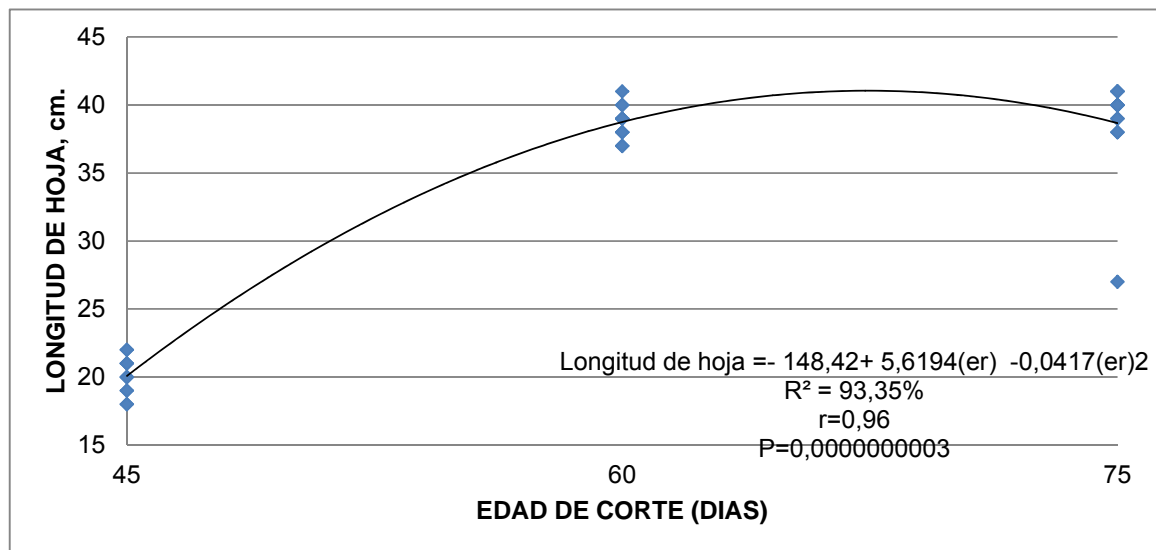
**Figura 4.1.** Regresión de la altura de la planta del *Tithonia diversifolia* por efecto de la edad de corte.

#### 4.1.2 Longitud de hoja (cm)

En la Tabla 3, se observa que en el análisis de la longitud de hoja por efecto de la edad de rebrote del botón de oro, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ), registrando que el tratamiento E2 reportó la mayor longitud de hoja, alcanzando 38,75 cm, sin diferir del tratamiento E3 que le sigue con 38,67 cm, finalmente la menor se obtuvo en el tratamiento E1 con 20,08 cm.

La longitud de hoja registradas en las diferentes distancias de siembra, las medias de los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ), sin embargo, la mejor respuesta numérica se registró en el tratamiento D3 con 32,92 cm, seguidos por D1 y D2 con 32,50 y 32,08 cm, respectivamente, por otro lado, al evaluar la longitud de hojas del *Tithonia diversifolia* (Tabla 4). Por efecto de la interacción entre edad de rebrote y densidad de siembra (E x D), no existieron diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ), por efecto de la interacción.

El análisis de regresión de la longitud de hojas que se ilustra en el Figura 4.2, determina una tendencia cuadrática altamente significativa, que infiere que partiendo de un intercepto de -148,42, la longitud de hoja aumenta en 5,61 para luego descender en -0,417, además se registra un coeficiente de determinación  $R^2 = 93,35\%$ , y una correlación positiva alta de 0,96 entre las dos variables.



**Figura 4.2.** Regresión de la longitud de hoja del *Tithonia diversifolia* por efecto de la edad de corte.

#### 4.1.3 Número de hojas por tallo (u)

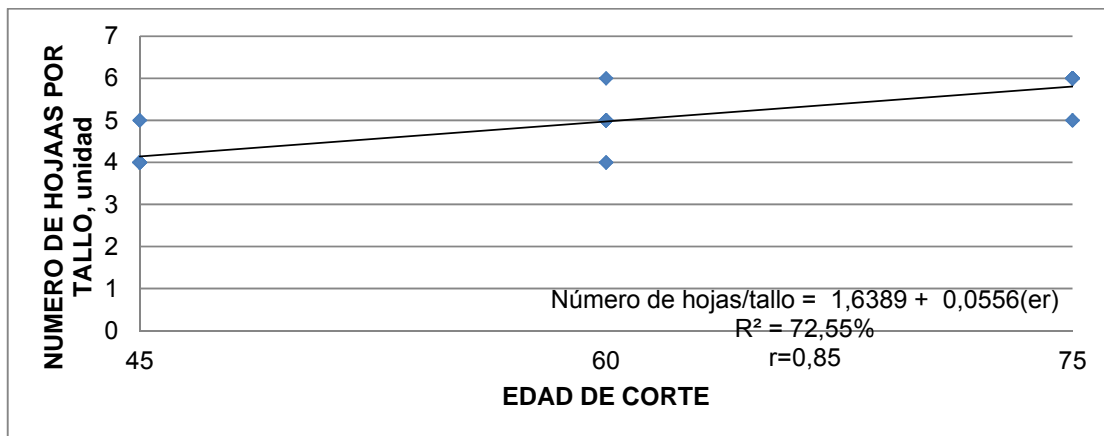
El análisis de varianza del número de hojas por tallo por efecto del factor E (edad de corte), reportó que existieron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ) entre las medias de los tratamientos, registrándose la mejor respuesta en el tratamiento E3 con 5,83 hojas/tallos, que difiere estadísticamente del resto de tratamientos, a continuación se ubica el tratamiento E2 con 4,92, finalmente el tratamiento E1 con 4,17 hojas por tallos obtuvo la más baja respuesta (Tabla 4.1).

En la determinación del número de hojas por tallo de la especie forrajera de la presente investigación, (botón de oro), no se registraron diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ), entre medias, por efecto de las diferentes distancias de siembra; identificando numéricamente el mayor número de hojas por tallo en los tratamientos D2 y D3, ya que las respuestas fueron de 5,08 hojas/tallo, en tanto que las respuestas más bajas le correspondieron a las parcelas del tratamiento D1 con medias de 4,75 hojas/tallo, como se puede apreciar en la Tabla 4.2.

Por otra parte el análisis de la interacción de los factores E y D (edad de corte x distancia de siembra), al igual que en los parámetros anteriores, no existieron se reportaron diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ), entre las medias de los tratamientos.

El análisis de regresión que se ilustra en la Figura 4.3, determinó para el número de hojas por tallo, una tendencia lineal altamente significativa, con un coeficiente de determinación que indica que la edad de corte contribuyen en un 72,55%, existe una correlación positiva alta ( $r=0,85$ ), entre la edad de corte y la relación

hojas/tallo.



**Figura 4.1.** Regresión del número de hojas por tallo del *Tithonia diversifolia* por efecto de la edad de corte.

#### 4.2 Producción de forraje verde (t/ha/corte)

La producción de materia verde presentó diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ), por efecto de la edad de corte (factor E), como se ilustra en la Tabla 4.1, donde la mejor producción de forraje verde fue alcanzada por el tratamiento E3 con 5,13 t/ha/corte, difiriendo estadísticamente del resto de los tratamientos, el valor intermedio se reportó en el T E2 con 3,59 t/ha/corte, mientras que la menor producción fue de 3,01 t/ha/corte lograda en el T E1, lo que puede deberse a que la planta tiene mayor tiempo para la absorción de nutrientes presente en el suelo lo que le permite alcanzar mayores rendimientos y por ende una mayor productividad de forraje verde.

Olmedo, (2009), al evaluar la influencia de la fases lunares, sobre la propagación vegetativa del botón de oro registró rendimientos promedios generales fueron de 1472,9 y 1340,18 Kg/ha de materia verde para el primer y segundo corte en



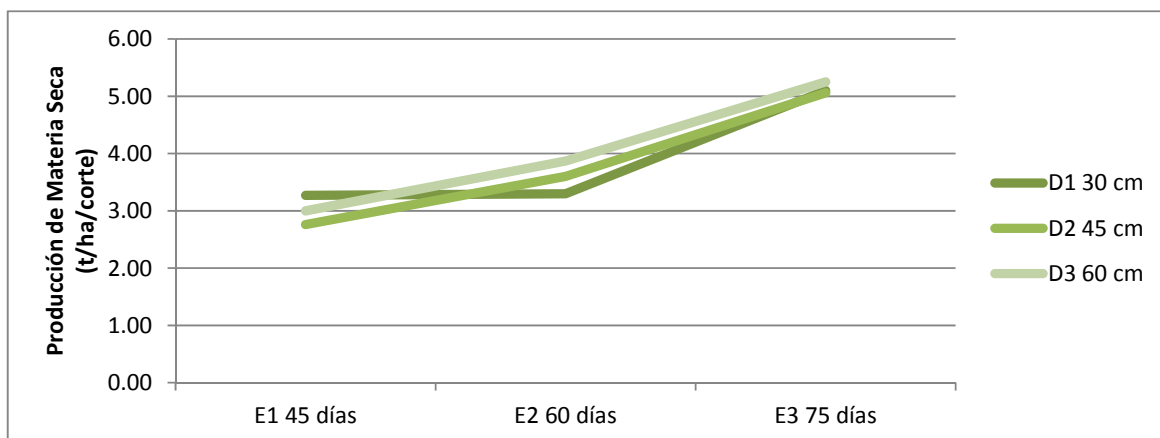
plantas estaquilladas en la luna llena, mientras que para las plantas estaquilladas en cuarto menguante los promedios fueron de 596,97 y 584,40 Kg/ha para el primer y segundo corte, respectivamente.

En la variable producción de forraje en materia verde de la especie forrajera botón de oro, determinó la existencia de diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ), entre las medias de los tratamientos, reportándose en el tratamiento D3, la mayor producción de forraje verde y que corresponde a 4,04 t/ha/corte, frente al resto de tratamientos como son D1, y D2, con una producción de forraje verde de 3,89 y 3,80 t/ha/corte, como se ilustra en la Tabla 4.2 Ríos, (1998), al evaluar la densidad de siembra sobre la producción de biomasa del botón de oro registro los mayores rendimientos (37,9 t/ha) en una distancia de 0,5 m.

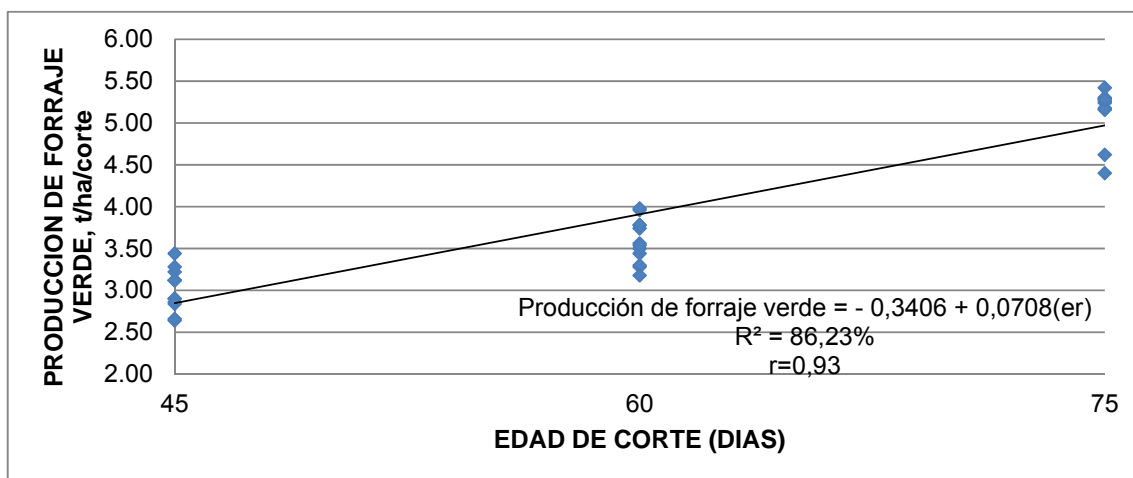
La variable producción de materia en forraje verde, registro diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ), por efecto de la interacción entre los factores E y D, por lo que en la separación de medias, se establece que la mayor producción se obtuvo en las unidades experimentales en las que se aplicaron una distancia de siembra de 60 cm, a una edad de corte de 75 días logrando una producción de 5,25 t/ha/corte de forraje verde; y que desciende a 2,76 t/ha/corte, que corresponden a la parcelas bajo una densidad de siembra de 45 cm, a una edad de corte de 45 días, que fueron los resultados más bajos que se registraron, como se ilustra en la Figura 4.4.

Mediante el análisis de regresión existente entre la producción de forraje verde y a edad de rebrote del *Tithonia diversifolia*, se evidenció una tendencia lineal altamente significativa ( $P < 0,001$ ), lo que indica que a medida que aumenta la edad del rebrote de la planta, se incrementa la producción de forraje verde,

además se registró un coeficiente de determinación ( $R^2$ ), de 86,23%, lo que se puede comprobar con la ilustración de la Figura 4.5, y una correlación positiva altamente significativa ( $r = 0,93$ ), entre las variables evaluadas.



**Figura 4.2.** Comportamiento de la producción de forraje verde del *Tithonia diversifolia* por efecto de la interacción de la edad de corte por distancia de siembra.



**Figura 4.3.** Regresión del número de la producción de forraje verde del *Tithonia diversifolia* por efecto de la edad de corte.

#### 4.2.1 Producción de materia seca (t/ha/corte)

El análisis de la producción de materia seca del factor E (edad de corte), evidencia diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ), determinando la mejor respuesta de producción de materia seca en el tratamiento E3 con 0,71 t/ha/corte, seguida de las parcela de tratamiento E2 cuyas medias fueron de 0,46 t/ha/corte, finalmente las respuestas más bajas se originaron en el tratamiento E1 con 0,32 t/ha/corte de materia seca (Tabla 4.1).

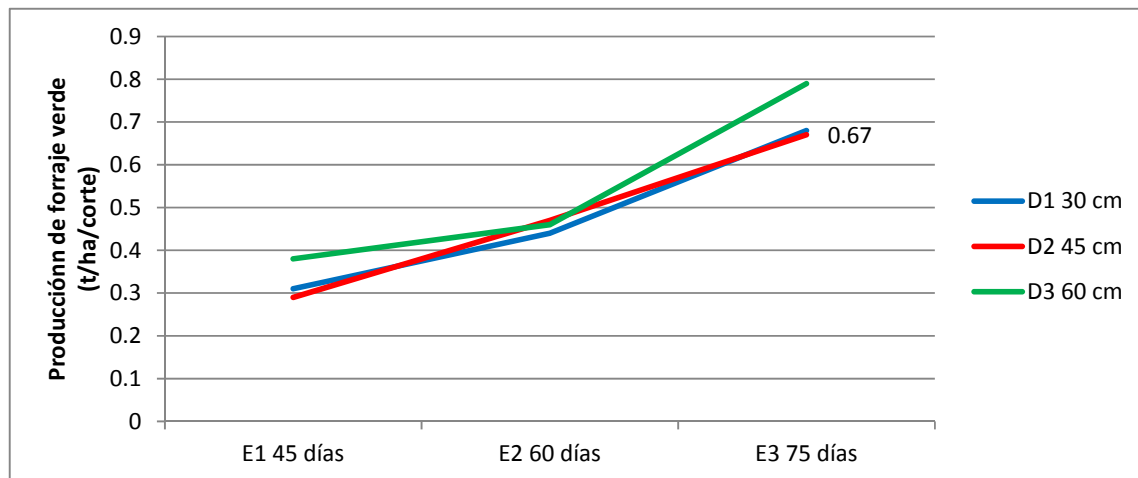
Al respecto, Olmedo, (2009), reporta promedios generales del rendimiento de materia seca de 243,48 y de 226,30 kg/ha para el primera y segundo corte estaquillado en luna llena y de 107,01 y 100,70 Kg/ha para el primer y segundo corte dentro de cuarto menguante. Los coeficientes de variación se encuentran entre 31,03 y 54,44% coeficientes altos debido a la gran variabilidad que se presenta en el crecimiento de este material arbustivo.

Mientras que, la producción de materia seca conseguida por el efecto de la Distancia de siembra (factor D), reportó diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ), hallando que en el tratamiento D3 se obtuvo la mayor producción de materia seca ya que alcanzó 0,55 t/ha/corte, en tanto que los dos tratamientos restantes (D2 y D1), registraron la menor producción (0,48 t/ha/corte).

La producción en materia seca, ilustrada en la Tabla 4.3, indica que el análisis de varianza presentó diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0,01$ ), entre medias de los tratamientos por efecto de la interacción entre edad de corte y

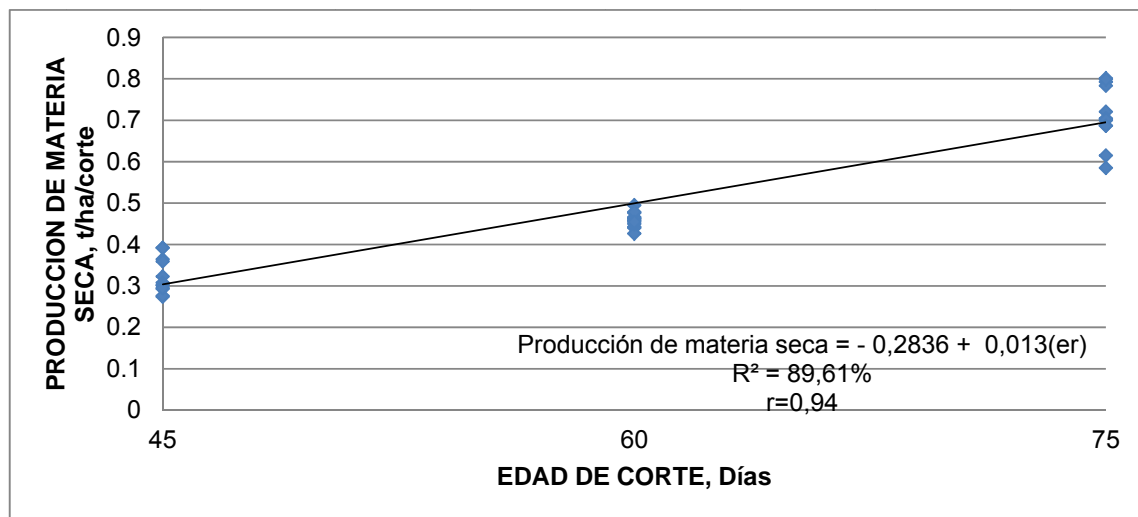
distancia de siembra (E x D) sobre la producción de materia seca, en donde se observa que los mayores rendimientos de materia seca, se consigue al utilizar una densidad de siembra de 60 días, especialmente cuando se realiza el corte a los 75 días (0,79 t/ha/corte), en tanto que las respuestas menos eficientes se evidenciaron con la utilización de una distancia de siembra de 45 cm y a la edad de corte de 45 días ya que presento una producción de materia seca de 0,29 t/ha/corte (Figura 4.6).

En bancos de proteína de alta densidad, Ramírez *et al.* (2006) obtuvieron una producción de forraje de 5 t de MS/ha/corte. Por su parte Ríos y Salazar (1995), al evaluar la producción de la especie bajo diferentes densidades de siembra y alturas de corte, obtuvieron un rendimiento considerable de biomasa fresca (46-82 t/ha). También se ha comprobado la factibilidad de asociarla con otras especies arbóreas y gramíneas (Canul *et al.*, 2006; Chay *et al.*, 2006).



**Figura 4.4.** Comportamiento de la producción de Materia seca del *Tithonia diversifolia* por efecto de la interacción de la edad de corte por distancia de siembra.

La correlación entre la producción de materia seca del botón de oro y la edad de rebrote, es positiva y alta alcanzando índices de  $r = 0,94$  por lo que mediante análisis de regresión simple para la producción de materia seca se determinó un modelo de tendencia lineal, que infiere que a mayor edad de corte mayor es la producción de materia seca de la especie evaluada, como se ilustra en la Figura 4.7, además alcanzó un coeficiente de determinación del 89,61%.



**Figura 4.5.** Regresión del número de la producción de Materia seca del *Tithonia diversifolia* por efecto de la edad de corte.

### 4.3 Mediciones experimentales según el comportamiento botánico

#### 4.3.1 Persistencia, resistencia a la sequía, heladas y tolerancia a las enfermedades

Para la categorización de las variables en mención, se realizó en función de los descriptores propuestos y desarrollados por Jiménez et al. (1996), por lo que en la Tabla 4.4, se observa que la parcela conformada por el Botón de oro (*Tithonia*

*diversifolia*), evidenció buenas condiciones de persistencia, resistencia a la sequía, heladas y tolerancia a las enfermedades.

Respecto a esto Murgueitio *et al.* (2001), señala que esta especie posee un rápido y vigoroso crecimiento y una gran adaptación a suelos con pH desde ácidos hasta alcalinos, pobres, de baja fertilidad y pedregosos, se desarrolla bien entre una altitud de 0 a 2700 msnm, con precipitaciones que oscilan entre 600 y 6000 mm/año. Es altamente tolerante a la sequía, resiste de forma moderada a la quema y presenta una excelente recuperación después de la poda, incluso a nivel del suelo.

**Tabla 4.4.** Características botánicas del Botón de oro, (*Tithonia diversifolia*).

VARIABLE	CARACTERIZACION
Tolerancia a las enfermedades	Alta
Persistencia	Alta
Resistencia a las condiciones ambientales	Alta
Hábito de crecimiento	Erecto
Forma de tallo	tallo principal
Forma, color y viabilidad de la semilla	redonda amarilla
Longevidad de la planta (vigor)	muy buena

#### 4.3.2 Hábito de crecimiento

Se observó un hábito de crecimiento erecto.

### **4.3.3 Forma de tallo**

En las observaciones realizadas en el *Tithonia diversifolia* se determinó que poseen un tallo principal, ramificado, las ramas tiernas cubiertas de pelillos.

### **4.3.4 Forma, color y viabilidad de la semilla**

En la Tabla 6, se puede apreciar que la semilla de *Tithonia diversifolia*, tiene forma redonda y color amarillo.

### **4.3.5 Longevidad de la planta (vigor)**

Al realizar el análisis de esta variable en la especie *Tithonia diversifolia*, se determinó que posee una longevidad o vigor en una escala de muy buena.

## **4.4 Análisis bromatológico del botón de oro, (*Tithonia diversifolia*), establecido a diferentes edades de corte**

### **4.4.1 Contenido de proteína**

En la Tabla 4.5, se puede apreciar que en el análisis de proteína cruda en una parcela conformada por *Tithonia diversifolia*, el mayor contenido se registró a los 45 días de corte, registrando el 30,15% de proteína, seguido por el tratamiento E3 con valores de 29,74% proteína cruda, finalmente se encuentra el tratamiento E2 con un valor de 28,90% de proteína cruda. Por lo que se determina que a menor edad existe un mayor contenido de proteína y un mejor valor biológico de la misma es decir una mejor asimilación por parte de los animales.

Los valores señalados anteriormente son superiores a los señalados por (Navarro y Rodríguez, 1990), y (Wanjau *et al.*, 1988), donde los promedios de proteína obtenidos fueron de 22%, y 18,9% respectivamente.

Los contenidos de proteína alcanzados en esta investigación están dentro de los valores obtenidos para esta especie por La O *et al.* (2012), quienes evaluaron nueve ecotipos de *T. diversifolia* y encontraron promedios entre 18,26 - 26,40% para un estado vegetativo de 77 días. Verdecia *et al.* (2011), al evaluar la calidad de la *Tithonia diversifolia* a tres edades de rebrote y obtuvieron valores para el período lluvioso entre 26,1 y 29,4% y entre 14,3 y 27,4% para el período poco lluvioso.

**Tabla 4.5.** Análisis bromatológico del *Tithonia diversifolia* (Botón de oro) establecido a diferentes edades de corte.

Parámetros	Edades de corte		
	E1 45 días	E2 60 cm	E3 75 cm
Proteína (%)	30,15	28,9	29,74
Ext. Etéreo (%)	6,62	6,62	7,43
Fibra (%)	22,38	26,18	34,43
Cenizas (%)	15,72	15,17	13,79
ELNN (%)	25,18	23,14	14,63
Materia Seca (%)	11,05	12,57	13,81



#### **4.4.2 Contenido de fibra**

En la evaluación del porcentaje de fibra, se puede determinar que el mayor contenido de fibra se encontró a los 75 días de corte, 34,43% de fibra, una respuesta registraron las medias del tratamiento E2, con valores de 26,18%, finalmente con la respuesta más baja presentó el tratamiento E1, con un porcentaje de fibra de 22,38.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son inferiores a los reportados por Rosales (1992) ya que el investigador señaló que esta especie presenta un contenido de fibra cruda de 38,68%.

#### **4.4.3 Contenido de materia seca**

El contenido de materia seca del botón de oro, fue superior en las parcelas que se realizó el corte a los 75 días de edad, alcanzando el 13,81%, seguido del tratamiento E2 con 12,57%, finalmente se ubica el tratamiento E1 (45 días) con un porcentaje de materia seca de 11,05, como se observa en la Tabla 4.5.

#### **4.5 Análisis económico**

Mediante el análisis económico de la producción anual de forraje verde de la interacción entre edad de corte y distancia de siembra del *Tithonia diversifolia*, que se reporta en la Tabla 4.6, se determinó que la mayor rentabilidad se alcanza en el tratamiento E1D1, por cuanto presento un beneficio/costo de 1,22 es decir el

22% de rentabilidad, que representa que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 0,22 USD.

Siguiéndole en orden de importancia pero con menor rentabilidad la producción de forraje del tratamiento E3D3, registrando un Beneficio/costo de 1,18, es decir; el 18% de rentabilidad; en tanto que el menor beneficio económico se evidenció en las parcelas del tratamiento E2D1, ya que la relación beneficio/costo fue de 0,93, lo que indica que por cada dólar invertido se pierde 0,07 centavos de dólar.

Por lo que se establece que la mejor rentabilidad económica, en la producción forrajera del botón de oro, se alcanzó a una edad de corte de 45 días con una distancia de siembra de 30 cm.

**Tabla 4.6.** Evaluación económica de *Tithonia diversifolia* (Botón de oro).

Parámetros	Edad de corte x Distancia de siembra (E x D)								
	E1D1	E1D2	E1D3	E2D1	E2D2	E2D3	E3D1	E3D2	E3D3
Establecimiento de praderas, \$	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Mano de obra, \$	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Preparación del terreno	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Uso del terreno	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Total Egresos</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>
Producción de forraje verde, t/ha/año	26,52	22,39	24,33	20,08	21,90	23,54	24,82	24,63	25,55
Costo t forraje	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Ingreso por venta de forraje/año	1591,40	1343,20	1460,00	1204,50	1314,00	1412,55	1489,20	1477,52	1533,00
<b>Beneficio/costo</b>	<b>1,22</b>	<b>1,03</b>	<b>1,12</b>	<b>0,93</b>	<b>1,01</b>	<b>1,09</b>	<b>1,15</b>	<b>1,14</b>	<b>1,18</b>
D1: 30 cm x 30 cm	E1: 45 días								
D2: 45 cm x 45 cm	E2: 60 días								
D3: 60 cm x 60 cm	E3: 75 días								

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Las respuestas con mejor comportamiento, respecto a la altura de planta, longitud de hojas y número de hojas por tallo, por efecto de la edad de corte del Botón de oro, se registraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0,01$ ), en los tratamientos E3 (75 días), E2 (60 días) y E3 (75 días) con valores de 48,67 cm, 38,75 cm y 5,83 hoja/tallo, respectivamente.
- La caracterización botánica reportó que el botón de oro presenta una tolerancia a las enfermedades, resistencia y persistencia alta; un hábito de crecimiento, erecto; una forma de tallo, principal; forma y color de la semilla, redonda amarilla; y una longevidad de planta, muy buena.
- Los parámetros productivos, en la variable producción de forraje verde, presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ), registrando la mejor respuesta en el tratamiento E3D3 (75 días, 60 cm) con 5,25 t/ha/corte y consecuentemente con una producción de 0,79 t/ha/corte de materia seca.
- En el análisis bromatológico por efecto de la edad de corte de *t. diversifolia*, se registraron los mejores comportamientos a los 45 días de corte, en el contenido de proteína y fibra, con valores de 30,15% y 22,38% respectivamente, mientras que en el contenido de materia seca la mejor respuesta se alcanzó a los 75 días de corte con el 13,81% de MS.

## 5.2 Recomendaciones

- Se debe cultivar *t. diversifolia*, a una distancia de siembra de 60 cm y realizar el corte a los 75 días de edad, ya que bajo estas condiciones se obtienen mayores rendimientos productivos
- Promover en el sector agropecuario la explotación del Botón de oro debido a su calidad bromatológica (30,15%) y potencial productivo forrajero para los animales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arronis, V. (2014). Bancos forrajeros de botón de oro. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/>
- Balzarini, G., Casanoves, F., Di Rienzo, J., González, L., y Robledo, C. (2008). Software estadístico InfoStat.
- Calderón Cedeño, V. R., y Zambrano Moreira, J. C. (2006). Estudio del comportamiento de la sigatoka negra (*mycosphaerella fijiensis* (morelet) deighton) en plátano en altas densidades con y sin renovación, en la zona de El Carmen. Manta / 2006.
- Canul, J., Escobedo, J., Lara, P., y López, M. (2006). Influencia de la asociación *Gliricidia sepium-Tithonia diversifolia-Cynodon nlemfuensis* en el rendimiento y componente del forraje. *Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería Para La Producción Animal Sostenible Y III Simposio Sobre Sistemas Silvopastoriles Para La Producción Ganadera Sostenible.*
- Chávez, S. (2013). *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.* (Tesis). Escuela Superior Politécnica de chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- CORPOICA. (2013). *Tithonia diversifolia (Botón de oro, Girasol o Arnica).*
- Criollo, N. (2013). *Evaluación de Alternativas Silvopastoriles que promuevan la intensificación y recuperación de Pasturas Degradadas y contribuyan a reducir el Impacto Ambiental de la actividad Ganadera en la Amazonía Ecuatoriana al Segundo Año de establecimiento* (Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations y Livestock. (2005). Livestock Sector Brief: Ecuador. *Information, Sector Analysis and Policy Branch.*

- Gómez, P. (2002). Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteica. Colombia Ganadero. Manizales.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. (2012). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Ecuador.
- Jama, B., Palm, C. A., Buresh, R. J., Niang, A., Gachengo, C., Nziguheba, G., y Amadalo, B. (2000). *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: A review. *Agroforestry Systems*, 49(2), 201–221. doi:10.1023/A:1006339025728
- Jiménez, J.; Capelo, W.; Samaniego, E.; Wilson, O.; Uvidia, H. (1996). Informe Técnico del Proyecto “Establecimiento y Manejo del Banco de Germoplasma de Especies Forrajeras Altoandinas P. BID.016”. ID.FUNDACYT.ESPOCH.. Riobamba, Ecuador.
- Katto, C., & Salazar, A. (1995). Botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray) una fuente proteica alternativo para el tropic. *Livestock Research for Rural Development*.
- Mahecha, L., y Escobar, J. (2007). *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Livestock Research for Rural Development* 19(2).
- Mahecha, L., y Rosales, M. (2005). Valor nutricional del follaje de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livestock Research for Rural* ....
- Medina, M., Garcia, D., González, M., Cova, L., y Moratinos, P. (2009). ariables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical*, 27, 121 – 134.
- Murgueitio E., M. Rosales y M.E. Gómez. 2001. Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Colombia.

- Navarro, F y Rodríguez E F 1990 Estudio de algunos aspectos bromatológicos del mirasol (*Tithonia diversifolia*; Hemsl y Gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima
- La O, O., H. González, A. Orozco, Y. Castillo, O. Ruiz, A. Estrada, F. Ríos, E. Gutiérrez, H. Bernal, D. Valenciaga, B. I. Castro y Y. Hernández. 2012. Composición química, degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de ecotipos de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de rumiantes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 46(1):47-53.
- Olmedo, A. (2009). *Influencia de las fases lunares, (Menguante y Luna Llena) sobre la propagación vegetativa del botón de oro tithonia diversifolia para la formación de un banco de proteína* (Tesis). SANGOLQUÍ / ESPE-IASA I / 2009, Quito, Ecuador.
- Paucar, P. F. (2010). *Evaluación y Caracterización Morfoagronómica del Plantago lanceolata* (Tesis inédita de ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Ramírez-Rivera, U., Sanginés-García, J. R., Escobedo-Mex, J. G., Cen-Chuc, F., Rivera-Lorca, J. A., y Lara-Lara, P. E. (2010). Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforestry Systems*, 80(2), 295–302. doi:10,1007/s10457-010-9320-0
- Ramírez, U. et al. 2006. Productividad agronómica del arbusto forrajero *Tithonia diversifolia* en Yucatán, México. Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. p. 35
- Rios, C. (1998). *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica."



- Ríos, C.I. y Salazar, A. 1995. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una fuente proteica alternativa para el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. 6 (3):75
- Rosales M 1992 Nutritional value of colombian fodder trees. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria and Natural Resources Institute United Kingdom 50p
- Ruíz, T., Febles, G., Galindo, J., Savón, L., Chongo, B., Torres, V., Zamora, A. (2014). *Tithonia diversifolia*, its possibilities in cattle rearing systems. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48.
- Trujillo, G. (2009). *Guía para la utilización de recursos forrajeros tropicales para la alimentación de bovinos. Unidad Técnica Comité de Ganaderos del Huila*.
- Vera, R. (2006). Country Pasture/Forage Resource Profiles: Ecuador. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Verdecia, D., J. Ramírez, I. Leonard, Y. Álvarez, Y. Bazán, R. Bodas, S. Andrés, J. Álvarez, F. Giráldez y S. López. 2011. Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauto. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 12(5):1-13.
- Wanjau, S. et al. 1998. Transferencia de biomasa: Cosecha gratis de fertilizante. LEISA. 13 (3):25
- Zavala, J. (2007). Concentración de carbono y nitrógeno a seis frecuencias de poda en *Tithonia diversifolia* Y *Morus alba*.
- Zabala, D. (2010). *Evaluación de Plantas Proteicas y su Efecto en la Población Microbiana de Mitanógenos y Metanogénesis Ruminal in Vitro* (Tsis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

# **ANEXOS**

## Anexo A. Análisis estadístico de altura de la planta del *Tithonia diversifolia*

### 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Edad de corte	Distancia de siembra	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
45	30	34,00	35,00	37,00	36,00	142,00	35,50
45	45	35,00	36,00	38,00	37,00	146,00	36,50
45	60	37,00	37,00	39,00	35,00	148,00	37,00
60	30	50,00	46,00	48,00	48,00	192,00	48,00
60	45	49,00	47,00	47,00	49,00	192,00	48,00
60	60	48,00	49,00	50,00	50,00	197,00	49,25
75	30	48,00	48,00	49,00	49,00	194,00	48,50
75	45	50,00	48,00	48,00	48,00	194,00	48,50
75	60	49,00	50,00	48,00	49,00	196,00	49,00

### 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	35	1240,97			
Factor E	2	1192,72	596,36	415,53	<0,0001
Factor D	2	7,39	3,69	2,57	0,0948
Interacción ExD	4	2,11	0,53	0,37	0,8294
Error	27	38,75	1,44		

### 3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%, POR EFECTO DE POR EFECTO DE LA EDAD DE CORTE.

Edad de corte	Medias	EEM.	Rango
E1	36,33	0,35	a
E2	48,42	0,35	b
E3	48,67	0,35	b

4. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%, POR EFECTO DE POR EFECTO DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA

Distancia de siembra	Medias	EEM.	Rango
D1	44,00	0,35	a
D2	44,33	0,35	a
D3	45,08	0,35	a

5. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5% POR EFECTO DE INTERACCION ENTRE EDAD DE CORTE Y DISTANCIA DE SIEMBRA

Edad de corte	Distancia de siembra	Medias	EEM.	Rango
45	30	35,50	0,60	a
45	45	36,50	0,60	a
45	60	37,00	0,60	a
60	30	48,00	0,60	b
60	45	48,00	0,60	b
60	60	49,25	0,60	b
75	30	48,50	0,60	b
75	45	48,50	0,60	b
75	60	49,00	0,60	b

## Anexo B. Análisis estadístico de longitud de hoja del *Tithonia diversifolia*

### 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Edad de corte	Distancia de siembra	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
45	30	20,00	18,00	18,00	20,00	76,00	19,00
45	45	19,00	19,00	22,00	22,00	82,00	20,50
45	60	21,00	20,00	21,00	21,00	83,00	20,75
60	30	38,00	38,00	37,00	41,00	154,00	38,50
60	45	40,00	40,00	39,00	38,00	157,00	39,25
60	60	39,00	37,00	39,00	39,00	154,00	38,50
75	30	41,00	39,00	40,00	40,00	160,00	40,00
75	45	27,00	38,00	40,00	41,00	146,00	36,50
75	60	39,00	40,00	38,00	41,00	158,00	39,50

### 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	35	2973			
Factor E	2	2775,17	1387,58	233,43	<0,0001
Factor D	2	4,17	2,08	0,35	0,7075
Interacción ED	4	33,17	8,29	1,39	0,2623
Error	27	160,5	5,94		

### 3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%, POR EFECTO DE POR EFECTO DE LA EDAD DE CORTE.

Edad de corte	Medias	EEM.	Rango
E1	20,08	0,7	b
E2	38,75	0,7	a
E3	38,67	0,7	a

4. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%, POR EFECTO DE POR EFECTO DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA

Distancia de siembra	Medias	EEM.	Rango
D1	32,5	0,7	a
D2	32,08	0,7	a
D3	32,92	0,7	a

5. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5% POR EFECTO DE INTERACCION ENTRE EDAD DE CORTE Y DISTANCIA DE SIEMBRA

Edad de corte	Distancia de siembra	Medias	EEM.	Rango
45	30	19,00	1,22	a
45	45	20,50	1,22	a
45	60	20,75	1,22	a
60	30	38,50	1,22	b
60	45	39,25	1,22	b
60	60	38,50	1,22	b
75	30	40,00	1,22	b
75	45	36,50	1,22	b
75	60	39,50	1,22	b

**Anexo C.** Análisis estadístico de Número de hojas por tallos del *Tithonia diversifolia*

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Edad de corte	Distancia de siembra	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
45	30	4,00	4,00	4,00	5,00	17,00	4,25
45	45	4,00	4,00	4,00	5,00	17,00	4,25
45	60	4,00	4,00	4,00	4,00	16,00	4,00
60	30	5,00	4,00	4,00	5,00	18,00	4,50
60	45	5,00	5,00	5,00	5,00	20,00	5,00
60	60	6,00	5,00	5,00	5,00	21,00	5,25
75	30	5,00	6,00	6,00	5,00	22,00	5,50
75	45	6,00	6,00	6,00	6,00	24,00	6,00
75	60	6,00	6,00	6,00	6,00	24,00	6,00

2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	35	22,97			
Factor E	2	16,72	8,36	53,12	<0,0001
Factor D	2	0,89	0,44	2,82	0,077
Interacción ED	4	1,11	0,28	1,76	0,1651
Error	27	4,25	0,16		

3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%, POR EFECTO DE POR EFECTO DE LA EDAD DE CORTE.

Edad de corte	Medias	EEM.	Rango
E1	4,17	0,11	c
E2	4,92	0,11	b
E3	5,83	0,11	a

4. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%, POR EFECTO DE POR EFECTO DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA

Distancia de siembra	Medias	EEM.	Rango
D1	4,75	0,11	a
D2	5,08	0,11	a
D3	5,08	0,11	a

5. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5% POR EFECTO DE INTERACCIÓN ENTRE EDAD DE CORTE Y DISTANCIA DE SIEMBRA

Edad de corte	Distancia de siembra	Medias	EEM.	Rango
45	30	4,25	0,2	de
45	45	4,25	0,2	de
45	60	4,00	0,2	e
60	30	4,50	0,2	de
60	45	5,00	0,2	bcd
60	60	5,25	0,2	abc
75	30	5,50	0,2	ab
75	45	6,00	0,2	a
75	60	6,00	0,2	a



**Anexo D.** Análisis estadístico de la producción de forraje verde del *Tithonia diversifolia*

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Edad de corte	Distancia de siembra	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
45	30	3,22	3,44	3,12	3,28	13,06	3,27
45	45	2,64	2,90	2,66	2,84	11,04	2,76
45	60	3,12	2,90	2,86	3,12	8,88	2,96
60	30	3,28	3,44	3,30	3,18	13,20	3,30
60	45	3,50	3,78	3,56	3,54	14,38	3,60
60	60	3,96	3,98	3,74	3,78	15,46	3,87
75	30	5,26	5,42	4,40	5,30	20,38	5,10
75	45	5,16	5,28	4,62	5,16	20,22	5,06
75	60	5,24	5,18	5,30	5,28	21,00	5,25

2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	35	31,42			
Factor E	2	28,97	14,48	321,11	<0,0001
Factor D	2	0,34	0,17	3,78	0,0358
Interacción ED	4	0,89	0,22	4,95	0,004
Error	27	1,22	0,05		

3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%, POR EFECTO DE POR EFECTO DE LA EDAD DE CORTE.

Edad de corte	Medias	EEM.	Rango
E1	3,01	0,06	c
E2	3,59	0,06	b
E3	5,13	0,06	a

4. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%, POR EFECTO DE POR EFECTO DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA

Distancia de siembra	Medias	EEM.	Rango
D1	3,89	0,06	a
D2	3,8	0,06	ab
D3	4,04	0,06	b

5. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5% POR EFECTO DE INTERACCION ENTRE EDAD DE CORTE Y DISTANCIA DE SIEMBRA

Edad de corte	Distancia de siembra	Medias	EEM.	Rango
45	30	3,27	0,11	CDE
45	45	2,76	0,11	E
45	60	3,00	0,11	DE
60	30	3,30	0,11	CD
60	45	3,60	0,11	BC
60	60	3,87	0,11	B
75	30	5,10	0,11	A
75	45	5,06	0,11	A
75	60	5,25	0,11	A

**Anexo E.** Análisis estadístico de producción de materia seca del *Tithonia diversifolia*

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Edad de corte	Distancia de siembra	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
45	30	0,30	0,32	0,29	0,31	1,23	0,31
45	45	0,27	0,30	0,28	0,30	1,15	0,29
45	60	0,39	0,36	0,36	0,39	1,12	0,37
60	30	0,44	0,46	0,44	0,43	1,77	0,44
60	45	0,46	0,50	0,47	0,46	1,88	0,47
60	60	0,48	0,48	0,45	0,45	1,86	0,46
75	30	0,70	0,72	0,59	0,70	2,71	0,68
75	45	0,69	0,70	0,61	0,69	2,69	0,67
75	60	0,79	0,78	0,80	0,80	2,38	0,79

2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	35	1,03			
Factor E	2	0,95	0,47	623,9	<0,0001
Factor D	2	0,04	0,02	25,21	<0,0001
Interacción ED	4	0,02	4,80E-03	6,37	0,001
Error	27	0,02	7,60E-04		

3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%, POR EFECTO DE POR EFECTO DE LA EDAD DE CORTE

Edad de corte	Medias	EEM.	Rango
E1	0,32	0,01	a
E2	0,46	0,01	b
E3	0,71	0,01	c

4. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%, POR EFECTO DE POR EFECTO DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA

Distancia de siembra	Medias	EEM.	Rango
D1	0,48	0,01	b
D2	0,48	0,01	b
D3	0,55	0,01	a

5. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5% POR EFECTO DE INTERACCION ENTRE EDAD DE CORTE Y DISTANCIA DE SIEMBRA

Edad de corte	Distancia de siembra	Medias	EEM.	Rango
45	30	0,31	0,01	e
45	45	0,29	0,01	e
45	60	0,38	0,01	d
60	30	0,44	0,01	c
60	45	0,47	0,01	c
60	60	0,46	0,01	c
75	30	0,68	0,01	b
75	45	0,67	0,01	b
75	60	0,79	0,01	A