

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y PRODUCTIVO DE *Tithonia diversifolia* EN
TRÓPICO ALTO BAJO DOS ESQUEMAS DE FERTILIZACIÓN

LAURA PATRICIA ORTIZ VILLAMIZAR

CC. 1007191109

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ZOOTECNIA

PAMPLONA

2020

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y PRODUCTIVO DE *Tithonia diversifolia* EN
TRÓPICO ALTO BAJO DOS ESQUEMAS DE FERTILIZACIÓN

LAURA PATRICIA ORTIZ VILLAMIZAR

CC. 1007191109

Presentado al programa de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agrarias de la
Universidad de Pamplona como requisito para optar por el título de Zootecnista.

TUTOR: DIXON FABIAN FLOREZ DELGADO

ZOOTECNISTA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ZOOTECNIA

PAMPLONA

2020

Nota de aceptación

Jurado 1 _____

Jurado 2 _____

Jurado 3 _____

Pamplona, 1 de diciembre de 2020

DEDICATORIA

A Dios por permitirme la vida, por ayudarme a obtener mi título profesional y todas sus bendiciones, nada sería posible sin sus bendiciones.

A mis padres Pedro Alberto y Griseldina por su sacrificio y esfuerzo por darme una carrera universitaria para la construcción de un futuro mejor, a mi tía Mariela Ortiz por creer siempre en mi capacidad y brindarme su apoyo a pesar de las circunstancias, siempre positiva.

A mi hijo Andrés Felipe por ser mi fuente de motivación e inspiración para así poder superarme cada día más.

A mi querido compañero de vida Luis Felipe por su colaboración, apoyo, comprensión y amor en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A mi querido profe y amigo Dixon Fabián Flórez Delgado por su ayuda durante proceso académico y por toda la paciencia para guiarme durante el desarrollo de la tesis.

A mi querida comadre Luz Dary por siempre estar ahí cuando necesite de sus favores.

A mis tíos Carmen y Laureano por permitirme llegar a esta ciudad e ingresar a la universidad.

Tabla de contenido

Lista de tablas.....	9
Resumen.....	10
Palabras claves:	10
Abstract	11
Key words:.....	11
Introducción	12
Problema de investigación	14
Pregunta de investigación	14
Justificación	15
Objetivos	17
Objetivo general.....	17
Objetivo específicos	17
Marco de referencia.....	18
Marco teórico y estado del arte.....	19
Semilla	20
Establecimiento.....	21
Numero hojas.....	21
Producción forraje biomasa	22
Rango de adaptación.....	23
Características nutricionales	23

Establecimiento de Plantas Forrajeras	24
Selección de especies y de semillas	25
Preparación del terreno	25
Siembra y factores a considerar	25
Época de siembra	26
Método de siembra	26
Fertilización orgánica	27
Fertilización química.....	30
¿Qué es la fertilización química?.....	30
La fertilización y sus ventajas	31
Desventajas de los fertilizantes.....	32
Metodología	33
Diseño experimental	33
Material vegetal	33
Métodos	34
Altura de la planta:	34
Peso de las hojas y peso de los tallos.....	35
Relación tallo – hojas:.....	35
Producción de biomasa	36
Modelo estadístico.....	36

Resultados y análisis..... 37

Conclusiones..... 41

Referencias..... 42

Anexos 48

Lista de tablas.

Tabla 1 <i>CLASIFICACIÓN BOTÁNICA TITHONIA DIVERSIFOLIA (LEONARD, 1951)</i>	20
Tabla 2 <i>VARIABLES AGRONÓMICAS Y DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE LA TITHONIA DIVERSIFOLIA BAJO DOS ESQUEMAS DE FERTILIZACIÓN.</i>	38
Tabla 3 <i>SEGUIMIENTO PERIÓDICO DE LOS TRATAMIENTOS.</i>	48

Resumen

En Colombia, la *Tithonia diversifolia*, es uno de los recursos forrajeros más importantes en la alimentación animal, especialmente en lecherías especializadas y ganaderías doble propósito, gracias a su adaptación a variedad de climas, su productividad y valor nutricional. El objetivo de la presente investigación, fue evaluar el comportamiento agronómico y productivo de la *Tithonia diversifolia* bajo dos esquemas de fertilización. El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos CISVEB perteneciente de la Universidad de Pamplona. Para ello, se establecieron 50 plantas para cada tratamiento: fertilización química, fertilización orgánica y testigo bajo un diseño aleatorizado previo análisis de suelos y aplicación de correctivos. Para la evaluación de las variables agronómicas y productivas de altura de planta, número de tallos, número de hojas, peso de tallo, peso de hoja, relación hoja – tallo, área foliar y producción de materia seca, se aplicaron pruebas de estadística descriptiva, análisis de varianza y análisis de separación de medias mediante la prueba Tukey con una significancia del 5%. Se presentó diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ para las variables de altura, número de hojas y número de tallos, siendo el mejor tratamiento la fertilización química, mientras que área foliar fue superior en la fertilización orgánica. Para las demás variables se obtuvo comportamiento similar. Se concluye, que la fertilización química ejerce influencia sobre algunos parámetros agronómicos de la *Tithonia diversifolia*.

Palabras claves: Fertilización, materia seca, prueba Tukey, parámetros.

Abstract

In Colombia, *Tithonia diversifolia* is one of the most important forage resources in animal feed, especially in specialized dairies and dual-purpose livestock, thanks to its adaptation to a variety of climates, its productivity and nutritional value. The objective of the present investigation was to evaluate the agronomic and productive behavior of *Tithonia diversifolia* under two fertilization schemes. The study was carried out at the CISVEB Plant Health and Bio-input Research Center belonging to the University of Pamplona. For this, 50 plants were established for each treatment: chemical fertilization, organic fertilization and control under a randomized design after soil analysis and application of corrective measures. For the evaluation of the agronomic and productive variables of plant height, number of stems, number of leaves, weight of stem, weight of leaf, relation leaf - stem, leaf area and dry matter production, descriptive statistical tests were applied, analysis of variance and analysis of separation of means using the Tukey test with a significance of 5%. Statistically significant difference $p < 0.05$ was presented for the variables of height, number of leaves and number of stems, with chemical fertilization being the best treatment, while leaf area was higher in organic fertilization. Similar behavior was obtained for the other variables. It is concluded that chemical fertilization influences some agronomic parameters of *Tithonia diversifolia*.

Key words: Fertilization, dry matter, Tukey test, parameters.

Introducción

En Colombia, los recursos forrajeros son abundantes e incluso desconocidos en cuanto a sus características, comportamiento y usos, por lo cual no son empleados de manera adecuada para satisfacer las necesidades del sector ganadero en constante crecimiento (Boschini, 2000) se espera en las generaciones venideras y con el avance de la tecnología el mayor aprovechamiento de nuestra biodiversidad forrajera, donde utilizándolos racionalmente y con un enfoque de sostenibilidad nos permita obtener los beneficios esperados de rentabilidad y sostenibilidad en nuestros sistemas de producción pecuarios, que son la base en la cual se fundamenta el sostenimiento de nuestra sociedad que está en constante crecimiento y por ende en demanda de productos de origen animal para suplir sus necesidades nutricionales. La producción de especies forrajeras está enfocada principalmente en la actividad ganadera, y la información reportada en cuanto a existencia, área sembrada, productividad y calidad nutricional es limitada. Debido a la variedad de pisos térmicos y biodiversidad, Colombia presenta un gran potencial en cuanto a la disponibilidad y variedad de recursos forrajeros, los cuales incluyen una gran variedad de especies (Florez, 2017). Las especies forrajeras existentes tienen como uso principal la alimentación animal, especialmente la ganadería bovina. Por lo tanto, para este uso específico, se hace importante que la especie forrajera cumpla con características como que sea perenne, fácil rebrote, buena adaptación, productividad de materia seca elevada, fácil establecimiento, resistencia a plagas y enfermedades y tener capacidad de competir con otras especies vegetales no deseadas (Cardona, 2012).

Bajo este contexto, los forrajes constituyen la alternativa alimenticia más importante en los sistemas de producción bovina, ya que constituyen la fuente más económica para satisfacer los requerimientos de los hatos bovinos (Florez, 2015). Sin embargo, el desconocimiento en su

manejo agronómico y las altas cargas animales han ocasionado degradación de las praderas (Portillo, 2019). La evaluación y selección de forrajes, requiere de estudios que permitan conocer el comportamiento de cada una de las variedades en condiciones climáticas, de manejo y de producción propias de cada región, y de esta manera llevar al sector ganadero a la competitividad y productividad esperada (Cadena, 2019).

De esta manera, la *Tithonia diversifolia* se muestra como una alternativa forrajera de gran importancia para las ganaderías gracias a sus características productivas, nutricionales y de adaptación en pro de potenciar los sistemas de producción. *Tithonia diversifolia* es capaz de adaptarse a las más diversas condiciones ecológicas; su valor nutricional y composición bromatológica, así como la poca exigencia a las labores de mantenimiento y los elevados rendimientos de biomasa la convierten en un recurso forrajero excepcional. Como fuente de alto valor proteico, se utiliza en pastoreo o como forraje para rumiantes y monogástricos; además, en la dieta alimentaria puede ofrecerse presecada o molida en forma de harina y pienso; asimismo, es posible su almacenamiento por períodos relativamente largos. Sin dudas, es una nueva opción de alimento que puede ser empleada para suplir la carencia alimentaria, sobre todo en los países del trópico con insuficientes insumos y recursos (Pérez, 2009). El género *Tithonia*, con más de 10 especies, es originario de Centroamérica, pero se encuentra ampliamente distribuido en el área tropical de diferentes continentes, lo que le confiere una gran plasticidad ecológica. *T diversifolia* es una planta herbácea o arbustiva robusta, conocida con diversos nombres comunes que identifican o manifiestan su amplitud de usos benéficos o características parecidas a otras plantas, como son árbol maravilla, falso girasol y árnica de la tierra, entre otros. En este sentido, el objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento agronómico y productivo de *Tithonia diversifolia* en trópico alto bajo dos esquemas de fertilización.

Problema de investigación

En la actualidad los efectos del calentamiento global, afecta a toda la población mundial, en el contexto agropecuario ocasiona cuantiosas pérdidas en las comunidades rurales y ecosistemas; sin embargo, esta situación se agrava en zonas de mayor degradación y sitios en vía de desertificación, afectando considerablemente la materia prima de los sistemas de explotación ganadera; Las praderas de la provincia de Pamplona, registran en la actualidad baja producción de biomasa y calidad nutricional. El uso de forrajes tradicionales como kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), falsa poa (*Holcus lanatus*) y en menor proporción el pasto oloroso (*Anthoxanthum odoratum*), asociados a deficientes prácticas de manejo, de fertilización y sobrepastoreo han ocasionado alta degradación de las praderas, registrándose pérdidas en la fertilidad y daños en las propiedades físicas de los suelos, factores que se traducen en bajo desarrollo radicular (Argel, 2006), baja producción de forraje (Faria, 2006), y capacidad de carga y producción animal de las praderas (FAO, 2008).

En la actualidad la *Tithonia diversifolia*, es considerada la que tiene mayor soporte científico y aplicación práctica, como componente del estrato forrajero arbustivo de alta densidad que identifica al Sistema Silvopastoril Intensivo. En este sentido *Tithonia diversifolia* es una de las plantas no leguminosas considerada como promisorias para su empleo en la alimentación de diferentes especies animales (Mahecha, 2002) y su utilización en la alimentación animal ha ido en aumento en los últimos años (Fasuyi, 2011).

Pregunta de investigación

¿Cuál es la respuesta productiva y agronómica de la titonia (*Tithonia diversifolia*), bajo dos esquemas de fertilización (orgánica y química) en el municipio de Pamplona?

Justificación

La situación anteriormente presentada como problema de investigación del presente trabajo, condiciona el mantenimiento y producción de los animales, a un necesario uso de concentrados comerciales, que incrementan de manera notable los costos de inversión, produciendo por tanto, menores ganancias netas para los productores de la zona (Gallego, 2014), ante lo que resulta necesario la utilización de material forrajero adecuadamente adaptado a las condiciones geográficas y ambientales de la región, pero que además satisfaga los requerimientos nutricionales de los animales, y así, disminuir el uso de suplementos alimenticios.

Por las problemáticas presentadas la titonia (*Tithonia diversifolia*), se presenta como una gran alternativa forrajera en busca de la sostenibilidad de las ganaderías. Además de suplir de cantidad y calidad, la titonia tiene la facilidad de adaptarse a variedad de suelos, resistir periodos prolongados de sequía (Espinoza, 2001), poseer una producción de biomasa constante permitiendo almacenamiento para las épocas de escasez , además de aceptable digestibilidad y palatabilidad, por su contenido de proteína, carbohidratos solubles y taninos, permitirá a los productores de esta región contar con un forraje que potencialice la producción de sus animales en pro de la sostenibilidad de las empresas ganaderas (Gallego, 2014).

Lo anterior, establece la necesidad realizar estudios para evaluar los efectos de los abonos orgánicos y enmiendas químicas, sobre la capacidad agronómica de los forrajes, en busca de alternativas alimenticias sostenibles que permitan una producción constante de biomasa de excelente calidad nutricional.

La presente investigación abordó la problemática, a partir de la titonia (*Tithonia diversifolia*), desde la perspectiva de dos esquemas de fertilización, a partir de la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la respuesta productiva y agronómica de la titonia (*Tithonia*

diversifolia), bajo dos esquemas de fertilización (orgánica y química) en dos ambientes de producción?

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico y productivo de *Tithonia diversifolia* bajo dos esquemas de fertilización en el municipio de Pamplona.

Objetivo específicos

1. Analizar las variables agronómicas de *Tithonia diversifolia* bajo dos esquemas de fertilización.

2. Estimar la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia* bajo dos esquemas de fertilización.

Marco de referencia

En un estudio realizado por (Pérez, 2009), se expone que la *Tithonia diversifolia* es originaria de Centroamérica, pero se encuentra ampliamente distribuido en el área tropical de diferentes continentes, lo que le confiere una gran plasticidad ecológica lo que significa que esta planta tiene la capacidad de tolerar suelos con pH bajo, suelos arcillosos con poco drenaje.

Tithonia diversifolia ha sido reconocida entre los productores como una planta con un importante valor nutricional, principalmente por su capacidad para la acumulación de nitrógeno, fibra bruta del 31.6 % a los sesenta días de edad (Medina, 2009).

Según una investigación realizada por (Gallego & Mahecha, 2014) afirman que el uso de *Tithonia diversifolia* en la producción de leche es relevante debido a sus nutrientes y la presencia de taninos y por la posible mejoría de la fermentación, lo que implica mayor eficiencia en el uso de los nutrientes de la dieta. Sin embargo, aún no se referencian estudios que evidencien realmente todos los beneficios que se podrían tener al usar esta planta en la alimentación de vacas lecheras.

La *Tithonia diversifolia* se identificó como un material de alta degradación de la materia seca a nivel ruminal en 24 horas, 149% con relación a un patrón de cascarilla de soya y, un contenido de proteína entre el 21 y 25%, por estas razones se considera que puede ser una especie con potencial para alimentación de animales monogástricos (Vargas, 1996). 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 (Ruiz & Febles, 2012)

Marco teórico y estado del arte

La inclusión de especies leñosas perennes a los sistemas de cultivo por medio de la agroforestería permite conservar la producción agrícola en las regiones tropicales donde el uso de fertilizantes limita dicha producción (George, 2001); la *Tithonia diversifolia* tiene la capacidad para recuperar la mínima cantidad de nutrientes encontrados en suelos pobres, ya que es rústica, soporta las podas extremas, se adapta a los terrenos ácidos con pH entre 3 y 6 (Peters, 2002); tiene rápido crecimiento, compite bien con las malezas y su cultivo requiere prácticas de labranza mínimas y poca inversión en insumos (Inayat & Gordon, 2009).

Dentro de las características de la *Tithonia diversifolia*, están el poseer una semilla pequeña, liviana, numerosa, con un diámetro aproximado de 2,9 mm y generalmente presenta baja viabilidad para su propagación (Peters, 2002). La estructura de la raíz tiene por funciones principales el amarre de la planta, la absorción y acumulación de nutrientes, teniendo en cuenta su forma de propagación, siendo pivotante cuando es sexual y adventicias cuando es asexual (Inayat & Gordon, 2009).

La *Tithonia diversifolia* se convierte en un arbusto multipropósito, al restablecer la fertilidad del suelo por su alto contenido de nitrógeno y rápida tasa de descomposición (Kayuki, 2001, Ademiluyi & Omotoso, 2008), situación que se refleja en el aumento del contenido de carbono orgánico y nitrógeno en los suelos a los seis meses de establecido el cultivo, con incrementos de 0,15 % y 0,002 %, respectivamente; ventaja que se refleja en el mayor rendimiento de los cultivos de asociación con maíz o los que reciben incorporación de la biomasa de dicha planta, al ser comparados con los monocultivos o con aquellos que reciben fertilización química (Jama, 2000; Kayuki, 2001; Nziguheba, 2002). La capacidad de deshoje de hasta el 95% le permite a la planta oprimir su transpiración y resistir mejor las épocas de sequía (Ipou, 2011). La

planta repone rápidamente la fertilidad y los nutrientes de los suelos degradados (Inayat & Gordon, 2009). Así mismo, Rutunga et al. (1999) observaron que pasados seis meses de sembrada la *Tithonia diversifolia*, el suelo aumentó el contenido de nitrógeno en 191 kg/ha, de fósforo en 8,1 kg/ha, potasio en 271 kg/ha, calcio en 70 kg/ha y magnesio en 32 kg/ha.

Tabla 1

CLASIFICACIÓN BOTÁNICA TITHONIA DIVERSIFOLIA (LEONARD, 1951)

Reino	Vegetal
División	Spermatophyta
Clase	Dicotiledoneae
Orden	Campanuladas
Familia	Compositae
Genero	<i>Tithonia</i>
Especie	<i>Tithonia diversifolia</i>

Semilla

La semilla es pequeña, liviana, numerosa, con un diámetro aproximado de 2,9mm y generalmente presenta baja viabilidad para su propagación (Peters, 2002). La forma de la raíz tiene por funciones principales el amarre de la planta, la absorción y acumulación de nutrientes, teniendo en cuenta su forma de propagación, siendo pivotante cuando es sexual y adventicias cuando es asexual (Nash, 1976; Inayat & Gordon, 2009).

Establecimiento

El “botón de oro” se puede reproducir por semilla o por estaca. Con estaca, se recomienda sembrarla con el primer y segundo tercio del tallo (Ríos & Salazar, 1995; IPOU et al., 2011). Pese a esto, Weaver (1987) sustenta que no se debe rechazar ninguna parte del material cortado; aunque no se recomienda la parte apical del tallo por su minúscula capacidad de propagación por el bajo desarrollo del tejido conductor y sus yemas (Ríos & Salazar, 1995;Ramírez, 2005). La clase de tronco utilizado para la siembra repercute en la producción de biomasa de las plantas formadas, ya que los troncos más leñosos generan mayores rendimientos (Jama, 2000; Murgueito, 2002) La semilla de *Tithonia diversifolia* posee un porcentaje muy bajo de germinación (Peters, 2002). Según Inayat & Gordon (2009), esto es favorable para imposibilitar el comportamiento invasor de la planta. La *Tithonia diversifolia* se puede sembrar en monocultivo o asociado donde se usan surcos de esta planta intercalados con franjas de otras especies alimenticias como frijol, yuca, maíz, plátano, papaya, caña de azúcar, forrajeras y árboles como el nacedero, san Joaquín o el chachafruto, en donde la distancia dependerá del desarrollo de las plantas asociadas, buscando que no se presente competencia ni se afecte su crecimiento (Jama, 2000; Murgueito, 2002).

Numero hojas

Hojas con un ápice acuminado, divididas en tres a cinco lóbulos, muy pilosas en el envés. Hojas alternas pecioladas, de 7 a 20 centímetros de largo y de 4 a 20 centímetros de ancho. Con 3 a 5 lóbulos profundos cuneados hasta subtruncados en la base y la mayoría decurrentes en la base del peciolo, bordes aserrados. La inflorescencia de *Tithonia diversifolia* contiene varias cabezuelas grandes, en ocasiones agrupadas y en otras solitarias sobre pedúnculos fuertes de 5 a 20 centímetros de largo (Nash, 1976), en capítulos, con pétalos amarillos. La cara superior está

cubierta de pelos, mientras la cara inferior presenta puntos glandulares y el envés generalmente glauco.

Producción forraje biomasa

Con una altura entre 1,5 a 4 metros, la biomasa producida por la *Tithonia diversifolia* varía entre 30 y 70 ton/ha de forraje verde dependiendo de la densidad de siembra, el tipo de suelo, el estado vegetativo y las condiciones ambientales (Ramírez,2005; Mahecha,2007 & Medina,2009) En cultivos establecidos en suelos con deficiencia de fósforo, la fertilización con 50 kg de este elemento por hectárea aumenta la materia seca producida de tallos y hojas de 7,4 a 9,3 ton/ha y de 1 a 1,2 ton/ha, respectivamente (Jama et al 2000, Murgueitio, & Ospina 2002),

Ríos y Salazar (1995), concluyeron que, en plantas con una altura de 50 centímetros, observaron la mayor producción de biomasa de 82 ton/ha, al sembrar 2,66 plantas por metro cuadrado, y afirmando que, aunque en el monocultivo de *Tithonia diversifolia* es posible obtener mayor rendimiento por unidad de superficie, se aumenta el riesgo fitosanitario propias a estas formas de cultivo.

Padilla (2013) en su investigación observó una producción de biomasa de 1,29 kg de materia seca por metro cuadrado en sistemas silvopastoriles de *Tithonia diversifolia* con *Tripsacum andersonni*; mientras que en aquellos de *Tithonia diversifolia* con *Axonopus scoparius* la biomasa fue de 0,81 kg de materia seca por metro cuadrado. Así mismo, concluyó que el componente arbustivo no solo aumenta el contenido orgánico, sino que recicla minerales del subsuelo, hecho que aumenta la fertilidad. Además, al evaluar el cultivo, determinó que el índice de área foliar de las gramíneas de los dos sistemas silvopastoriles fueron altos, objetando que, probablemente, se debe a la simbiosis de la *Tithonia diversifolia* con las micorrizas. También,

concluyó que a sufrir los arbustos cuatro cortes por año, pudo cuantificar una alta cantidad de rebrotes siendo de 17,7 para el arreglo con *Axonopus scoparius* y de 25,6 para aquel con *Tripsacum andersonii*, una altura de los arbustos en dos años de experimentación de 99,37 cm y 107,70 cm, así como un diámetro promedio de la copa de 85,51 cm y 123,27 cm, respectivamente. Finalmente afirma que la profundidad radicular de 34 cm fue similar en ambos casos y que de la misma forma aumentó el diámetro de los tallos, de un promedio de 8 cm al primer corte, hasta superar los 22 cm al cuarto corte.

Rango de adaptación

En Colombia esta planta crece en diferentes condiciones agroecológicas, desde el nivel del mar hasta 2700 m en La Cocha (Nariño) con precipitaciones que fluctúan entre 800 a 5000 mm y en diferentes tipos de suelo, tolerando condiciones de acidez y baja fertilidad (Ríos,1998) Se encuentra creciendo espontánea a orillas de caminos y ríos.

Características nutricionales

La *Tithonia diversifolia* (botón de oro), originaria de América Central ha sido establecida en el trópico en todo el mundo (Maina, 2012); esta especie tiene muchas condiciones que permiten clasificarla como planta forrajera de un alto potencial para la producción animal, como lo es su factible establecimiento, resistencia al corte frecuente, tolerancia a suelos pobres, una producción aproximada de 55 toneladas de materia seca por hectárea por año (Nieves, 2011). La *Tithonia diversifolia* ha sido reconocida entre los productores como una planta con un importante valor nutricional, principalmente por su capacidad para la provisión de nitrógeno (Medina.,2009), y por el porcentaje de fibra bruta, siendo este del 31,6% a los sesenta días de edad (Roa, 2010), peculiaridades que dejan al botón de oro en condiciones nutricionales análogas a las de otras

arbustivas destinadas a la producción forrajera en el trópico alto colombiano, entre las que se pueden mencionar el nacedero (*Trichanthera gigantea*), San Joaquín (*Malvaviscus penduliflorus*), morera (*Morus alba*), chachafruto (*Erythrina edulis*), aliso (*Alnus acuminata*).

La composición nutricional del botón de oro puede mostrar diferenciaciones relacionadas con las condiciones del suelo donde se plante, así como factores ambientales, como las temporadas secas o lluviosas durante el año. El botón de oro presenta porcentajes altos de carbohidratos solubles contrastada con otras forrajeras (Medina, 2009), es alta en minerales y la presencia de metabolitos secundarios anti-nutritivos. Los animales consumen la planta completa, con preferencia por hojas y flores (Maina, 2012). En cuanto a los metabolitos secundarios, (Galindo, 2011), mencionan que la presencia de fenoles totales, taninos, saponinas, entre otros compuestos es variable y según Márquez y Suárez (2008), Dardon & Durán (2011), no se afecta el consumo ni la digestibilidad de la materia seca a niveles bajos.

Establecimiento de Plantas Forrajeras

Para llevar a cabo el establecimiento de plantas forrajeras se requiere realizar una serie de prácticas agrícolas como son: la preparación del terreno, siembra y factores que la afectan, así como los cuidados en el manejo del establecimiento. Entre las condiciones necesarias para el buen establecimiento de plantas forrajeras se encuentra la selección del cultivo, suelos apropiados, estaciones favorables para el crecimiento, provisión de agua, ausencia de maleza, estaciones calientes y frías, y de una buena preparación del terreno. La cama de siembra debe tener humedad, temperatura, textura y fertilidad apropiada para estimular la germinación, emergencia rápida de la planta y un pronto establecimiento de la población (Medina A, 2015).

Selección de especies y de semillas

La calidad de la semilla que se va a utilizar en el establecimiento de la pradera es muy importante porque de aquí dependerá el progreso de la pradera. La especie forrajera para sembrar en un área determinada, debe adaptarse al tipo de suelo y a su topografía, al igual que a las condiciones climáticas que prevalecen en la región. Es importante considerar la calidad de la semilla disponible en el mercado, tomando en consideración los siguientes aspectos: Viabilidad. Porcentaje de germinación. Pureza física (libre de semillas de arvenses, impurezas y de patógenos). Plantas vigorosas luego de la germinación (Medina, 2015).

Preparación del terreno

La preparación del terreno se refiere a la condición física del suelo en relación con el crecimiento de las plantas y de aquí que se tome conocimiento de todas las condiciones físicas de los suelos que puedan influir en el desarrollo de las plantas. Se debe tener en cuenta el tipo de labranza, la profundidad y el grado de laboreo, con el fin de facilitar los procesos germinativos y el establecimiento exitoso de la pradera. Así mismo, las labores de labranza deben enfocarse al control de la vegetación original y a reducir la competencia entre los procesos de germinación de la semilla con los asociados por la descomposición de los residuos vegetales, al igual que la germinación de la maleza (Medina, 2015).

Siembra y factores a considerar

Las especies forrajeras varían en su adaptabilidad a las diferentes condiciones del suelo, pero todas responden con rendimientos a los factores más importantes del suelo que favorecen un desarrollo completo de las plantas. La cama de siembra debe tener humedad, temperatura, textura y fertilidad apropiadas para estimular la germinación, emergencia rápida de la planta y un rápido establecimiento de la población. Dentro de los principales aspectos a considerar al efectuar una

siembra de especies forrajeras ya sea para producción de forraje verde o grano, se citan las siguientes (Medina, 2015).

Época de siembra

Está determinada por la distribución de las lluvias en la región, ya que se necesita humedad adecuada en el suelo para la germinación, emergencia y desarrollo de las plantas. Si las lluvias se suspenden, se debe aplicar riego para evitar que las plantas se deshidraten y mueran. El sitio de siembra de los pastos para producción de forraje deberá ser localizados en un área donde reciba la suficiente cantidad de luz solar, el sitio debe ser un campo que tenga un buen potencial de productividad. Debe tener profundidad, bien drenado, un nivel uniforme, buena fertilidad, etc.

Método de siembra

El método de siembra a realizar varía con la especie y con los objetivos de la siembra, si es para producción de forraje o para grano, aunque se puede decir que en pastos, la máxima producción se puede lograr sembrando en surcos pequeños, esparcidos o en corrugaciones a una distancia de 10 cm., en el caso de especies en forma de mata como en maíz, que se siembra en surcos, tiene las siguientes ventajas: Mejor establecimiento, buen control de las malas hierbas y otras especies culturales, además de permitir un mayor aprovechamiento de la humedad y del nitrógeno condicionado a la disponibilidad de maquinaria y a la clase de pasto a utilizar, debido a que existen especies estoloníferas, perennes o amacollados que deberán sembrarse en plano, en melgas o en surcos muy pequeños. Si no se tiene maquinaria de siembra se puede hacer al voleo tomando en consideración la densidad de la siembra.

Fertilización orgánica

La fertilidad de suelos es una práctica muy necesaria en Colombia para obtener los rendimientos máximos en las cosechas. Esto se debe, fundamentalmente, a que los suelos del país son, por lo general deficientes en uno o más de los nutrimentos esenciales para el crecimiento normal de las plantas (ICA, 1992). La agricultura ecológica también llamada biológica u orgánica, trabaja bajo el concepto de producción sostenible y competitividad, sin detrimento de los recursos naturales, en aras del crecimiento económico y del mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Uno de los principios básicos de la agricultura orgánica es ser un sistema orientado a fomentar y mejorar la salud del agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto, se hace necesario implementar actividades que nos conduzcan a estos fines, que conlleven la restitución de elementos minerales y vivos (microorganismos, bacterias benéficas y hongos) y mantener la vitalidad del suelo donde se desarrollan las plantas (Fundación MCCH, 2018).

La diferencia que existe entre los fertilizantes químicos-sintéticos y los abonos orgánicos es que los primeros son altamente solubles y son aprovechados por las plantas en menor tiempo, pero generan un desequilibrio del suelo (acidificación, destrucción del sustrato, etc.); mientras que los orgánicos actúan de forma indirecta y lenta. Pero con la ventaja que mejoran la textura y estructura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de nutrientes, liberándolos progresivamente en la medida que la planta los demande (Fundación MCCH, 2018).

La Fertilización Orgánica tiene por objetivo cubrir el déficit entre las entradas y salidas de nutrientes en el suelo para mantener e incrementar su fertilidad presente y futura, todo ello sin malgastar recursos no renovables ni energía y sin introducir tóxicos o contaminantes (Fundación

MCCH, 2018). Las claves de la fertilización orgánica y algunas de las prácticas agroecológicas que favorecen el correcto manejo del suelo son las siguientes (Fundación MCCH, 2018):

Evitar al máximo la pérdida de nutrientes por el lavado del suelo (la lluvia y el riego arrastran nutrientes hasta zonas muy profundas impidiendo que las raíces accedan a ella).

Incorporar al suelo todos los residuos orgánicos vegetales y/o animales, es decir, materia orgánica: estiércol, restos de cosechas, compost, vermicompost o humus de lombriz, etc.

Emplear abonos incorporados en verde al suelo, como leguminosas, crucíferas y gramíneas (trébol, habas, mostaza, rábano, colza forrajera) que favorecen la fijación del nitrógeno atmosférico.

Mantener el suelo cubierto con vegetación el mayor tiempo posible (acolchado o mulching): cubiertas vegetales vivos que tras la siega dejamos sobre el suelo.

Rotación y asociación de cultivos adecuados (los primeros cultivos deben ser los que permitan la incorporación de materia orgánica fresca y tengan mayores exigencias nutricionales, seguidamente podrán plantarse o rotar a cultivos menos exigentes o incluso leguminosas).

Empleo de fertilizantes ecológicos orgánicos (compost, vermicompost o humus de lombriz, cenizas, serrín, restos de cosechas) y complementos minerales naturales (fosfatos naturales, rocas silíceas, dolomitas, carbonato cálcico, azufre elemental, sulfato de magnesio, de calcio).

En sinopsis, los beneficios de la fertilización orgánica son los siguientes (Inversanet, 2013):

1. Mantener y mejorar la biodiversidad autóctona de los suelos
2. Reducir las emisiones de CO₂, favoreciendo su secuestro
3. Permitir la auto regulación de nutrientes al suelo y su reciclaje continuo
4. Evitar, mitigar o corregir la erosión del suelo, la desertificación o “fatiga del suelo”
5. Mejorar la estructura y características físico-químicas del suelo, disminuyendo la compactación y aumentando la porosidad del mismo
6. Maximizar el uso eficiente del agua, evitando escorrentías superficiales y pérdidas
7. Favorecer a las micorrizas (simbiosis entre hongos y plantas), fundamentales en la captación de nutrientes y agua del suelo
8. Prevenir incendios forestales mediante el compostaje y reciclado de los residuos orgánicos vegetales y animales
9. Mayor seguridad alimentaria para animales y seres humanos
10. Menor riego tóxico, mejorando la salud tanto animal como humana

Se dice que el suelo es un sistema vivo, ya que forma parte de una concepción según la cual existe una relación esencial entre el suelo, la planta, el animal y el ser humano. Para muchos en la agricultura ecológica este concepto es un requisito necesario para llevar a cabo un sistema agrícola ecológico con éxito (Lampkin, 1998.). En los suelos del 98% del país se presenta deficiencia de fósforo para las plantas (IGAC, 1988) y esta situación se agrava si se tiene en

cuenta que el 11.6% de los suelos de Colombia son Andisoles (Malagón & Llinás, 1991), es decir, tienen propiedades ándicas que dificultan el manejo de este elemento esencial debido a la alta capacidad de fijación de fosfatos inherente a dichos suelos. Como resultado de la práctica de la agricultura orgánica, es posible mantener un buen nivel de fertilidad de los suelos y por ende una buena producción de los cultivos que se implementan, sin contaminar el medio ambiente y sin atentar contra la salud de los agricultores, de sus familias y de los consumidores finales (Suquilanda, 1996).

Fertilización química

Los fertilizantes de origen químico son la opción tradicional de los agricultores para mejorar la productividad de sus cultivos y controlar posibles enfermedades. No obstante, no podemos obviar que su uso tiene consecuencias tanto en las plantas como en el estado del medio ambiente. Conocer la fertilización química, sus ventajas y efectos negativos, nos permite entender si realmente estos productos son la mejor opción en la actualidad para los cultivos agrícolas (Probelte, 2019).

¿Qué es la fertilización química?

Para entender bien la fertilización química es importante conocer el concepto de fertilizante o también llamado abono, de tal forma que podremos definir que es un producto fertilizante.

Los fertilizantes o abonos en la agricultura son productos cuya finalidad es la de proporcionar nutrientes a las plantas. Los productos fertilizantes son muy usados en la agricultura

y jardinería gracias al aporte de nutrientes que proporcionan al cultivo en cuestión, las adiciones de estos productos suponen un mejor y fácil crecimiento en las plantas, aumento de rendimientos y mejora en la calidad de los cultivos. (Probelte, 2019)

En la actualidad, podemos encontrar diversos tipos de fertilizantes en el mercado, pero debemos ser conscientes de que, dependiendo de su composición, repercutirán de manera diferente en el suelo y en el medio ambiente. Entre ellos destacan los productos de origen químico o no natural, que se distinguen especialmente por contener, al menos, uno de los elementos químicos que necesitan las plantas para su vida vegetal y correcto desarrollo.

La fertilización y sus ventajas

El principal efecto positivo que ofrece la fertilización es el aumento de los cultivos. Los agricultores recurren a estos productos para obtener una mayor producción de frutas y verduras y además que presenten un mayor calibre. Y lo consiguen al adicionar fertilizantes químicos y abonos.

Los fertilizantes y abonos que presenta el mercado pueden contener macronutrientes esenciales tales como: carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), además de micronutrientes necesarios en menor cantidad con respecto a los anteriores comentados como son: hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo), níquel (Ni) y cloro (Cl) y entre otros compuestos que mejoren la eficiencia de los cultivo (Probelte, 2019).

Finalmente, al hablar de fertilización química y sus ventajas hay que hablar de su efectividad en cuanto a costos. Los productos tradicionales solamente tienen un componente, por lo que pueden tener un precio ajustado en comparación a otras alternativas naturales. De todos modos, hay que tener en cuenta que muchas veces el suelo puede necesitar más de un nutriente para mantener su equilibrio, y esto podría aumentar el presupuesto final (Probelte, 2019).

Desventajas de los fertilizantes

Al hablar de la fertilización y sus ventajas, no podemos olvidar que los usos excesivos de estos productos ocasionan un gran problema para el entorno y los seres vivos que habitamos en él. Las desventajas que presentan los fertilizantes u otros productos agroquímicos sobre el medio ambiente es una realidad actual. Uno de los ejemplos más claros es la situación del mar menor, declarado zona vulnerable a la contaminación por nitratos (Probelte, 2019). Otro de los efectos negativos más destacables de estos tipos de fertilizantes es su posible toxicidad. Hay que tener en cuenta que muchos de estos productos son muy efectivos, pero en altas concentraciones pueden ser dañinos para las personas y las plantas, como ocurre en el caso del amoniaco. Por lo tanto, es necesario que tengamos en cuenta la regulación de su uso establecida por las organizaciones correspondientes.

Metodología

Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bio insumos CISVEB de la Universidad de Pamplona, ubicado en la zona norte del municipio de Pamplona, a una altitud de 2287 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 14° C de temperatura promedio, topografía irregular y precipitación anual de 1800 mm. Se tomaron doce submuestras en cuadrícula a una profundidad de 30 cm (Sosa, 2012) obteniendo como resultado un suelo de textura franco – arenoso, con mediana capacidad de retención de humedad y nutrientes, buen drenaje y aireación, y pH fuertemente ácido (SIAMA, 2014) Una vez realizado el análisis de suelo, se adecuaron doce parcelas de 12 m² cada una, dejando un metro de calle entre cada una de ellas, así como se puede apreciar en la ilustración 1. Las labores de limpieza y preparación del terreno fueron las mismas para todas las parcelas.

Diseño experimental

Se utilizará un diseño de bloques completos aleatorizados con dos tratamientos, un testigo y cuatro repeticiones. A cada una de las variables agronómicas de la especie forrajera *Tithonia diversifolia*, se realizará pruebas de estadística descriptiva, análisis de varianza y análisis de separación de medias mediante la prueba Tukey ($P < 0.05$) para determinar las diferencias entre los ambientes de producción y los esquemas de fertilización. Se utilizará el paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 18.

Material vegetal

Para la investigación se definió como material vegetal la *Tithonia diversifolia* (botón de oro, falso girasol), debido a su adaptación a diferentes pisos térmicos, gran producción de biomasa y excelente calidad nutricional.

Métodos

Diseño experimental: se utilizó un diseño aleatorizado con dos tratamientos, un testigo y 50 repeticiones. A cada una de las variables agronómicas de la especie forrajera *Tithonia diversifolia*, se le realizaron pruebas de estadística descriptiva, análisis de varianza y análisis de separación de medias mediante la prueba Tukey ($P < 0.05$) para determinar las diferencias entre los esquemas de fertilización. Procedimiento experimental: la investigación inició con la identificación de las propiedades físicas y químicas del suelo. Para ello se tomó una muestra de suelo y se remitió a laboratorio para su análisis. Se tomaron doce submuestras en cuadrícula a una profundidad de 30 cm (Sosa, 2012). Una vez realizado el análisis de suelo, se adecuó el terreno para la siembra. Se estableció un semillero, con estacas provenientes de plantas sanas y vigorosas con mínimo tres yemas y 30 cm de longitud. Una vez las plántulas alcanzaron un mínimo de tres hojas fueron llevadas al terreno para su establecimiento definitivo con una distancia de siembra de 50 cm.

Se tomaron las medidas de altura de las plantas, número de hojas, número de tallos, peso de las hojas, área foliar (cada ocho días hasta alcanzar el momento del corte), peso de los tallos, peso de las hojas y relación tallo – hojas (en el momento del corte), que según (Guatusmal, 2020) es cuando el cultivo alcanza el 10% de la floración, el cual se realizó a 15 cm del suelo para favorecer el rebrote (Jama, 2000). La producción de biomasa, se estimó a través de un aforo y proyectado a una hectárea base materia seca.

Toma de datos: en la investigación, los datos y mediciones se realizaron de la siguiente manera:

Altura de la planta: Se midió con una cinta métrica, partiendo de la base del tallo hasta la hoja más alta, a todas las plantas en cada uno de los tratamientos (Londoño, 2018) Número de

hojas y número tallos por planta: Se realizó a través de conteo manual planta por planta en cada tratamiento.

Peso de las hojas y peso de los tallos: se realizó a través de la recolección del material, siendo llevado a una balanza digital. Se realizó en el momento de corte.

Relación tallo – hojas: La relación tallo – hojas se midió teniendo en cuenta el cociente del peso de las hojas y el peso del tallo en el momento del corte (Medina, 2009). Se calculó teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$H: T = \frac{H}{T}$$

H: T = Relación hoja tallo

H = Peso seco del componente hoja (Kg MS / ha)

T = Peso seco del componente tallo (Kg MS / ha)

Área foliar: Para estimar el índice e área foliar, se empleó la siguiente ecuación (2) (Morales, 2006):

$$IAF = AF * DP \quad 10000 \text{cm}^2$$

Dónde:

IAF = índice de área foliar

AF = área foliar por planta (cm) ²

DP = número de plantas m²

Producción de biomasa. Para la estimación de la producción de biomasa, se procedió a cortar todo el material vegetal de cada una de las plantas a una altura de 15 cm, procediendo a realizar su pesaje y proyectando a una hectárea. Éste valor se estimó en materia seca.

Modelo estadístico: Para la presente investigación, se empleó un diseño aleatorizado bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{hij} = \mu + T_{oi} + \epsilon_{ij}$$

Y = Variables agronómicas y producción de biomasa.

μ = Promedio poblacional.

T_o = Efecto de los tratamientos.

ϵ = Error experimental.

Se realizó un análisis de varianza de un factor: esquema de fertilización con una significancia del 5%, aplicando supuestos de Normalidad y Homogeneidad de varianzas para evaluar el efecto de los tratamientos sobre estas variables agronómicas y de producción de biomasa.

Resultados y análisis

Como resultados del análisis de laboratorio, se obtuvo un suelo fuertemente ácido con un pH de 5,48, además de niveles bajos de materia orgánica, fósforo, magnesio y aluminio con valores de 3,82 ppm, 0,05 Meq/100g, 0,89 Meq/100g y 0,0004 Meq/100g respectivamente. El potasio se presentó en una concentración media con valores de 0,32 Meq/100g. La textura fue clasificada como franco limoso, con 0,029% de saturación de aluminio y 65,67% de saturación de bases, siendo ésta última adecuada sin presencia altas concentraciones de Al^{++} por lo que no fue necesario aplicar ningún tipo de enmienda. Para cubrir los requerimientos de fósforo y nitrógeno se aplicaron 145kg de DAP por hectárea año y para el potasio 49kg de KCl para mantenimiento, esto para el esquema de fertilización químico, mientras que para el esquema orgánico se empleó lombrihumus en una relación de 440kg por hectárea año.

En la tabla 2, se muestran los resultados del análisis de varianza realizado a las variables agronómicas y de producción de biomasa de la *Tithonia diversifolia* bajo dos esquemas de fertilización.

Para las variables agronómicas de altura de planta, número de hojas, número de tallos y área foliar, se presentó comportamiento estadísticamente diferente ($p < 0,05$), siendo la mejor media en los tratamientos de fertilización química para las tres primeras variables, mientras que para área foliar la fertilización orgánica presentó el mejor tenor. En las demás variables: peso de tallo, peso de hoja, relación hoja: tallo y productividad expresada en biomasa seca, no se presentó diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

Tabla 2

VARIABLES AGRONÓMICAS Y DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE LA TITHONIA DIVERSIFOLIA BAJO DOS ESQUEMAS DE FERTILIZACIÓN.

Variable	Unidad	Tratamiento						p-valor
		Testigo		Tratamiento 1		Tratamiento 2		
		Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	
Altura planta	cm	52,42	±2,96 ^a	58,94	±2,68 ^b	33,43	±1,99 ^c	0,000
Número de hojas	Unidad	110,52	±4,03 ^a	130,38	±5,50 ^b	46,83	±4,55 ^c	0,000
Número de tallos	Unidad	7,54	±0,69 ^a	8,01	±0,51 ^b	3,86	±0,35 ^c	0,000
Área Foliar		3,40	±0,12 ^a	3,19	±0,08 ^b	3,68	±0,13 ^c	0,015
Peso Tallo	Kg	1,24	±0,26 ^a	1,88	±0,46 ^a	1,86	±0,50 ^a	0,543
Peso Hoja	Kg	0,84	±0,17 ^a	1,04	±0,21 ^a	1,12	±0,17 ^a	0,267
Relación Hoja: Tallo		0,67	±0,07 ^a	0,57	±0,04 ^a	0,61	±0,08 ^a	0,130
Biomasa	Kg	2,88	±0,41 ^a	3,62	±0,66 ^a	3,88	±0,62 ^a	0,345

Letras diferentes en las filas indican diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$)

Botero et al. (2019), afirman que la fertilización química genera un impacto importante sobre el comportamiento agronómico de la *Tithonia diversifolia*, especialmente en las variables de altura de planta, número de tallos, peso del tallo y peso de la hoja con dosis crecientes de nitrógeno, concordando con los resultados de la presente investigación. Estos mismos autores,

reportan datos de altura de planta en un rango que oscila entre los 90,65cm y los 154,88cm, relación hoja: tallo en un rango de 0,79 a 1,46 y tallos por planta entre 14 y 29 siendo superiores a los datos obtenidos en el presente estudio. Estas variables, tienen relación estrecha con la producción de biomasa del forraje y finalmente con la capacidad de carga de la pradera, así como con la palatabilidad y el nivel de consumo por parte de los animales. El número de hojas es una característica importante en el momento de evaluar un forraje por su productividad, dado que está directamente relacionada con la disponibilidad de alimento especialmente en épocas de escasez (Lopez, 2017). Como resultado en esta investigación, se obtuvo un mayor número de hojas bajo el esquema de fertilización química con 130 por planta respecto a la fertilización orgánica y a la ausencia de la misma. Las variables peso de hoja y peso de tallo presentaron comportamiento estadísticamente similar, siendo superiores a los reportados por (Holguin, 2015) con 0,52kg y 0,43kg para hojas y tallos respectivamente y a los obtenidos por Gallego et al. (2017) con 0,58kg para hojas y 0,62kg para tallos.

La aplicación de abonos orgánicos aporta gran cantidad de nutrientes, facilita la formación de compuestos y la activación de muchos procesos biológicos en el suelo (Lopez, 2017), que junto con la capacidad de la *Tithonia diversifolia* de extraer y absorber nutrientes a través de su sistema radicular, permite un desarrollo adecuado de este forraje (Gallego & Mahecha, 2014), presentando grandes porcentajes de sobrevivencia favoreciendo el establecimiento. Este tipo de fertilización, tiene gran importancia en el desarrollo del área foliar de los forrajes especialmente, conllevando a una mayor producción de biomasa representada en materia seca. Esta variable agronómica, juega un papel importante en el establecimiento y desarrollo de *Tithonia diversifolia* debido a su asocio con procesos fisiológicos, fotosintéticos y de balance de energía (Gallego, 2017).

La producción de biomasa, es un factor clave que direcciona la extracción de nutrientes del suelo y los esquemas de fertilización adquieren gran importancia en especies forrajeras con gran potencial productivo (Ramirez, 2018). 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 (Bernal & Espinosa, 2003). La producción de biomasa es afectada por factores climáticos, edáficos y especialmente por prácticas agronómicas como fertilización, densidad de siembra, riego y control de arvenses (Mahecha, 2007). La producción de biomasa seca de *Tithonia diversifolia* oscila en un rango de 30 a 70 t/ha/corte (Medina et al. 2009), estando los resultados de la presente investigación acordes a ello, con 31 t/ha/corte bajo la fertilización orgánica, y siendo superiores a los reportados por Téllez y Mendoza (2014) con 26,6 t/ha/corte y Navas y Montaña (2019) con una media de 25,5 t/ha/corte de materia seca. Los abonos orgánicos, tienen influencia sobre la disponibilidad de minerales en el suelo, incorporándose a gran velocidad y permitiendo que los nutrientes sean asimilados por el sistema radicular de las plantas para su crecimiento, dando como resultado la producción de biomasa verde. López y Miranda (2015) exponen que los abonos orgánicos ejercen efectos positivos en la estructura del suelo, mejorando la retención de agua, la permeabilidad, la textura, la aireación y oxigenación, facilitando de esta manera que el sistema radicular de la *Tithonia diversifolia* obtenga los nutrientes necesarios para su establecimiento y desarrollo.

Conclusiones

La fertilización química de la *Tithonia diversifolia* tiene influencia sobre las variables agronómicas de altura de planta, número de hojas y número de tallos, mientras que los abonos orgánicos favorecen la variable área foliar.

Las demás variables agronómicas de peso de hoja, peso de tallo, relación hoja tallo y de productividad expresada en biomasa seca no son afectadas por el tipo de fertilización.

La fertilización orgánica de la *Tithonia diversifolia* presento el menor rendimiento en las variables agronómicas de altura de planta, numero de hojas, numero de tallos en relación con el tratamiento químico y el testigo.

Teniendo en cuenta la cantidad biomasa producida en la fertilización orgánica presento un valor significativo sobre el testigo, también obtuvo un número mayor de biomasa sobre el tratamiento químico, pero sin gran significancia, ya que la planta asimila más los minerales presentes de forma orgánica para la formación de biomasa.

Referencias

- ademiluyi & omotoso, s. (2008). Comparative evaluation of *tithonia diversifolia* and npk fertilizer for soil improvement in maize (*zea mays*) production in ado ekiti, southwestern nigeria. *American-eurasian journal of sustainable agriculture*, 1 (1), 32-36. Obtenido de <https://n9.cl/ghcf>
- Argel, p. (2006). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito*. Ciat. San José, Costa Rica. Archivos latinoamericanos de producción animal. 2006. Vol. 14 (2): 65-72. Obtenido de <https://n9.cl/gn9v>
- Bernal & espinosa, j. (2003). Manual de nutrición y fertilización de pastos. *SciELO*. Obtenido de potash and phosphate institute of canada. 94p. : <https://n9.cl/mzp6a>
- Boschini c. M. Cardona, e. R. (2019). *Disponibilidad de variedades de pastos y forrajes como potenciales materiales lignocelulósicos para la producción de bioetanol en Colombia*. *Información tecnológica*. Obtenido de <https://n9.cl/t621h>
- Boschini, c. D. (2000). Composición química de la morera (*morus alba*), para uso en la alimentación animal: densidades y frecuencias de poda. *Agronomía mesoamericana*: 11,41-49. Obtenido de <https://n9.cl/bgr4>
- Boschini., casena, m., garcia, m., & castro, e. (12 de agosto de 2019). *Estabilidad fenotípica de genotipos de lolium sp. En el trópico alto de nariño, Colombia*. *Agronomía mesoamericana*. Obtenido de <https://cutt.ly/0yrdeif>
- Cadena, m. G. (2019). *Estabilidad fenotípica de genotipos de lolium sp. En el trópico alto de nariño, Colombia*. *Agronomía. Mesoamericana*. 30 (2):483-495, 2019. Obtenido de <https://cutt.ly/0yrdeif>
- Calero. (2015). Producción y calidad de forraje con enmiendas orgánicas en pastura (*brachiaria brizantha*), en la costa Caribe sur de Nicaragua. *Revista universitaria del Caribe*. Obtenido de <https://n9.cl/7ecq>
- Cardona, e. R. (2012). *Disponibilidad de variedades de pastos y forrajes como potenciales materiales lignocelulósicos para la producción de bioetanol en Colombia*. *Información tecnológica*, 23 (6): 87-96. Obtenido de <https://cutt.ly/wyrs3b7>
- Caro, o. (2013). Ganadería sostenible y conservación de la biodiversidad. Bogotá, Colombia. 23 p.
- Dardon, v. D. (2011). Cuantificación espectrofotométrica de taninos y análisis bromatológico proximal de cuatro diferentes mezclas de forrajes a base de gramíneas y leguminosas. Trabajo de graduación lic. En química y farmacia. *Universidad de El Salvador*. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2384/>

- Espinoza, c. Y. (2001). . *El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. Folleto para productores. No. 22. Fundación produce de aguascalientes e inifap. Campo experimental pabellón. Cironoc-inifap*. Obtenido de <https://n9.cl/55ne>
- Fao, f. A. (2008). *Ayudando a desarrollar una ganadería sustentable en latinoamérica y el caribe: lecciones a partir de casos exitosos. Santiago de chile. 101 p*. Obtenido de <https://n9.cl/mfrht>
- Faria, j. (2006). *Manejo de pastos y forrajes en la ganadería doble propósito. X seminario de pastos y forrajes. Universidad del zulia, maracaibo, venezuela*. Obtenido de <https://n9.cl/57lkw>
- Fasuyi. (2011). Balance de nitrógeno y rasgos morfométricos de lechones destetados alimentados con niveles escalonados de harina de hojas de girasol silvestre (*tithonia diversifolia*). *Revista africana de alimentación, agricultura, nutrición y desarrollo*.
- Florez. (2017). Estimación de la capacidad de carga del sistema de producción lechero de la vereda fontibón del municipio de pamplona. *Mundo fesc.*, 13, 15-21. Obtenido de <https://n9.cl/y40v1>
- Florez, d. G. (2015). Estimación de costos de producción de terneras en fase de cría en la hacienda aposentos, municipio de chinácota, norte de santander. *Facultad ciencias agropecuarias – fagropec. Universidad de la amazonia, florencia – caquetá.*, 88-90. Obtenido de <https://n9.cl/ih612>
- Fundación mcch, .. (18 de 04 de 2018). *Fertilización orgánica www.fundmcch.com.ec quito - ecuador consejo editorial equipos agrícolas mcch*. Obtenido de <https://n9.cl/3xsl9>
- Galindo, j. N. (2011). Efecto de *tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones in vitro. *Cubana cienc. Agríc.* 45:33-37. Obtenido de <https://n9.cl/fnjul>
- Gallego, & mahecha, l. &. (2014). Potencial forrajero de *tithonia diversifolia* hemsl. A gray en la producción de vacas lecheras. *Revista agronomía mesoamericana*, 25 (2), 393-403. Obtenido de <https://n9.cl/fnjul>
- Gallego, c. M.-l.-a. (2014). Potencial forrajero de *tithonia diversifolia* hemsl. A gray en la producción de vacas. *Agronomía mesoamericana*, vol. 25, núm. 2, julio-diciembre, 2014, pp. 393-403. Obtenido de <https://n9.cl/ovmxq>
- Gallego, l. M. (2017). Calidad nutricional de *tithonia diversifolia* hemsl. A gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Revista agronomía mesoamericana*, 28(1), 13-22. Obtenido de <https://n9.cl/mz62w>
- George, t. G. (2001). *Tithonia diversifolia: variations in leaf nutrient concentration and implications for biomass transfer. Agroforestry systems*, 52 (3):, 199-205. Obtenido de <https://n9.cl/n09u>

- Guatusmal, c. E. (2020). Producción y calidad de *tithonia diversifolia* y *sambucus nigra* en trópico altoandino colombiano. *Agronomía mesoamericana*, 31 (1):, 193-208. Obtenido de <https://n9.cl/0z21t>
- Holguin, v. O. (2015). Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *tithonia diversifolia* (hemsl.) A. Gray en candelaria, valle del cauca. *Revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia*, 62 (2):, 57-72. Obtenido de <https://n9.cl/qaqf>
- Ica. (1992). Fertilización en diversos cultivos. Manual de asistencia técnica no. 25. Quinta aproximación. 3 p. Obtenido de <https://n9.cl/kor9>
- Igac., i. G. (1988). Suelos y bosques de colombia igac. Bogotá. Obtenido de <https://n9.cl/ydh8j>
- Inayat, a. G. (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, sede el prado, quito, facultad de ingeniería d.
- Inayat, a., & gordon, o. (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, sede el prado, quito, facultad de ingeniería de ciencias agropecuarias, ecuador*. Obtenido de <https://n9.cl/k9i8r>
- Inversanet. (2013). *10 beneficios de la fertilización orgánica y el correcto manejo del suelo. [artículo en línea] consultado: 18 de abril del 2018*. Obtenido de <https://n9.cl/28awv>
- Ipou, j. T. (2011). A new invasive species of the agrosystems in the south of côte d'ivoire: *tithonia diversifolia* (hemsl.) A. Gray (asteraceae). . *African journal of food science and technology*, 1 (6): , 146-150.
- Jama et al 2000, murgueitio, & ospina 2002. (s.f.).
- Jama, b. P. (2000). *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western kenya a review. *Agrofor. Syst.* 49, 201-221. Obtenido de <https://n9.cl/jwyd>
- Kayuki, k. W. (2001). Plant materials for soil fertility management in subhumid tropical areas. *Agronomy journal*, 93 (4):, 929-935. Obtenido de <https://n9.cl/s0b8>
- Lampkin, n. (1998.). *Agricultura ecológica*. España. Madrid. 5p.
- Leonard. (1951). *Bibliotecadigital.agronet.gov.co*. Obtenido de <https://n9.cl/je71>
- Londoño, j. M. (2018). Desempeño agronómico y valor nutritivo de *tithonia diversifolia* (hemsl.) A gray para la alimentación de bovinos. *Revista colombiana de ciencia animal*, 11 (1)., 1. Obtenido de <https://n9.cl/uz4d>
- Lopez, a. D. (2017). Efecto de tres fertilizantes orgánicos en el crecimiento de botón de oro en condiciones de vivero, nueva guinea, raccs, 2017. *Revista ciencia e interculturalidad*, 12 (24):, 203-214. Obtenido de <https://n9.cl/vdwkk>

- Mahecha, I. &. (2007). Valor nutricional de follaje de botón de oro *tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livestock res rural development*, 19 2. Obtenido de <https://n9.cl/qa36>
- Maina, i. S. (2012). Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in kenya. *J. Food agric. Environ.* 10(2), 632-635. Obtenido de <https://n9.cl/anow>
- Malagón, d., & Ilinás., c. P. (1991). Génesis y taxonomía de los andisoles colombianos. *Portal sobre: conservacion y equidad social* . Obtenido de <https://n9.cl/iq58>
- Márquez, d. Y. (2008.). El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. *Medicina veterinaria* 16:87-109. Obtenido de <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-560446?src=similardocs>
- Medina, a. (2015). Establecimiento de las plantas forrajeras. Facultad de ciencias agrícolas. *Universidad autonoma del estado de mexico*. Obtenido de <https://n9.cl/0ir81>
- Medina, g. M. (2009). Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia tropical*, 121-134. Obtenido de <https://n9.cl/nyp7f>
- Morales, a. J. (2006). Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la mixteca de Oaxaca. *Técnica pecuaria en México*, issn 0040-1889, vol. 44, n°. 3, 2006, págs. 277-288, 277-288. Obtenido de <https://n9.cl/lp2qh>
- Murgueito, e. O. (2002). Tres especies vegetales promisoras: nacedero (*trichanthera gigantea*), botón de oro (*tithonia diversifolia*) y bore (*alocasia macrorrhiza*). *Colciencias-cab-cipav. Cali, colombia* . Obtenido de <https://n9.cl/b0a86>
- Nash, d. (1976). Flora de Guatemala. Fieldiana: botany. V. 24, part. Xi (4): . *Field museum of natural history.*, 323-325.
- Navas, a. &. (2019). Comportamiento de *tithonia diversifolia* bajo condiciones de bosque húmedo tropical. *Revista de investigación veterinaria, Perú*, 30(2), 721-732. Obtenido de <https://n9.cl/wk00>
- Nieves, d. O. (2011). *Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (tithonia diversifolia) en conejos de engorde. Tropical and subtropical agroecosystems*, 14:309–314. Obtenido de <https://n9.cl/ypnhk>
- Nziguheba, g. M. (2002). Combining *tithonia diversifolia* and fertilizers for maize production in a phosphorus deficient soil in kenya. *Agroforestry systems*, 55 (1):, 165-174. Obtenido de <https://n9.cl/omzdz>
- Padilla, m. (2013). Evaluación de la producción cuyícola bajo arreglos silvopastoriles con botón de oro (*tithonia diversifolia*), acacia de la pradera (*senegalia angustissima*), reventador (*clibadium sp*), Guatemala (*tripsacum andersonii*) e imperial (*aaxon scoparius*) . *Tesis de maestría en ciencias agrarias, universidad de nariño, pasto, colombia*.

- Pérez, i. M. (2009). *Tithonia diversifolia* (hemsl.) A. Gray. *Pastos y forrajes v.32 n.1 matanzas ene.-mar. 2009*. Obtenido de <https://n9.cl/ztf0>
- Peters, m. F. (2002). Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores de centroamérica. *Centro internacional de agricultura tropical (ciat). Cali, colombia*. Obtenido de <https://n9.cl/d2jyi>
- Portillo, p. M. (2019). Evaluación y selección de especies forrajeras de gramíneas y leguminosas en nariño, colombia. *Pastos y forrajes, 42 (2)*, 93-103. Obtenido de <https://n9.cl/kyl4e>
- Probelte. (18 de 07 de 2019). *Probelte fertilización química o convencional en la agricultura*. Obtenido de <https://n9.cl/7usya>
- Ramírez, 2., maecha, 2., & medina, 2. (s.f.).
- Ramírez, 2., mahecha, & medina. (s.f.).
- Ramirez, r. (2018). Extracción de nutrientes y productividad del botón de oro (*tithonia diversifolia*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *Revista intersedes, 19 (39)*. Obtenido de <https://n9.cl/7zms>
- Ramírez, r. E. (2005). Efecto de la altura de corte, densidad y tipo de suelo en la producción de *tithonia diversifolia*. Xix reunión de la asociación latinoamericana de producción animal, tomo ii. *Recursos forrajeros*. Obtenido de <https://n9.cl/eecwg>
- Ríos, & salazar. (1995). Botón de oro (*tithonia diversifolia*) una fuente proteica alternativa para el trópico. *Livestock research for ruminant for rural development, 6 (3):*, 1-7. Obtenido de <https://n9.cl/zfy5c>
- Ríos, k. (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"*. Obtenido de <https://n9.cl/qzu8l>
- Roa, m. C. (2010). *Influencia del tiempo de maduración en la calidad de ensilajes con forrajes arbóreos. Sistemas de producción agroecológicos 1(1): 63-73*. Obtenido de http://www.sistemasagroecologicos.co/art/vol1_no1_p63-73_roa.pdf
- Ruiz, t. E., & febles, g. Y. (2012.). Distancia de plantación, frecuencia y altura de corte en la producción de biomasa de *tithonia diversifolia* colecta 10 durante el año. *Cubana cienc. Agríc. 46:423*. Obtenido de <https://n9.cl/8pyzk>
- Rutunga, v. K. (1999). Biomass production and nutrient accumulation by *tephrosia vogelii* (hook f). And *tithonia diversifolia* (hemsley) a. Gray, fallows during the six-month growth period at maseno, western kenya. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 3 (4)*, 237-246. Obtenido de <https://n9.cl/z1aft>
- Siama. (2014). Obtenido de <https://n9.cl/4pug>
- Sosa, d. (2012). Cómo realizar un muestreo de suelos. *Inta. Argentina,*. Obtenido de <https://n9.cl/j2gf5k>

- Suquilanda v, m. (1996). Agricultura orgánica: alternativa tecnológica del futuro. Fundagro. 47p.
Obtenido de <https://n9.cl/93sy>
- Tellez, s. &. (2014). Comportamiento productivo de *tithonia diversifolia* en bancos forrajeros, bajo condiciones de suelos de piedemonte llanero. *Tesis de zootecnista. Bogotá: univ. De la salle. Pp. 47*. Obtenido de <https://n9.cl/zts17>
- Vargas, j. E. (1996). *Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas*. Obtenido de <https://n9.cl/3r4yp>
- Weaver, r. (1987). Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. 5. Ed. Editorial trillas. Maracay, venezuela. Obtenido de <https://n9.cl/ud9z>
- Xu, j. W. (s.f.). Bermudas como materia prima para la producción de biocombustibles: una revisión.

Anexos

Tabla 3

SEGUIMIENTO PERIÓDICO DE LOS TRATAMIENTOS.

FECHA INICIO SEMILLERO				25-may-19							
INICIO, TOMA DE DATOS.				30-jun-19							
TESTIGO 06 30 2019				ORGANICA 06 30 2019				QUIMICA 06 30 2019			
TT	#.H	#.T	AF	TT	#H	# T	AF	TT	#H	#T	A. F
1	3	1	2.85	1	4	1	3.15	1	1	1	1.63
2	8	2	3.11	2	4	2	3.51	2	2	1	1.42
3	2	1	1.45	3	2	1	1.66	3	2	1	1.38
4	2	1	1.39	4	2	1	1.51	4	3	1	3.00
5	4	2	3.12	5	3	2	3.11	5	3	1	3.05
6	3	1	2.91	6	7	2	2.98	6	2	1	1.39
7	4	1	3.16	7	6	2	2.89	7	4	1	3.27
8	2	1	1.61	8	2	1	1.45	8	3	1	3.05
9	3	1	2.96	9	2	1	1.39	9	3	1	3.00
10	4	2	3.25	10	2	1	1.43	10	3	1	3.04
11	3	1	2.75	11	4	2	3.47	11	1	1	2.11
12	4	1	3.37	12	2	1	1.37	12	4	2	3.81
13	2	1	1.74	13	3	1	2.99	13	4	2	3.62
14	4	2	3.53	14	2	1	1.40	14	1	1	2.09
15	4	1	3.21	15	2	1	1.38	15	3	2	3.14
16	3	1	2.71	16	7	2	3.22	16	2	1	1.41
17	2	1	1.58	17	2	1	1.40				

(TT tratamiento) (#H número de hojas) (AF área foliar)

Anexo 2. Preparación del terreno



Anexo 2 Implementación del semillero



Anexo 3 establecimiento del vivero



anexo 4 trasplante

