



COMPORTAMIENTO BIOLÓGICO DE SEIS CULTIVARES DE *Tithonia diversifolia* (Helms.) A. Gray †

[BIOLOGICAL BEHAVIOR OF SIX CULTIVARS OF *Tithonia diversifolia* (Helms.) A. Gray]

Walter F. Vivas-Arturo¹⁻³, Fredy A. Mendoza-Rivadeneira¹,
Yulien Fernández-Romay¹, Orestes La O-León²; Sanín Ortiz-Grisales³
and José L. Ledea-Rodríguez^{4*‡}

¹Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Zootécnicas, Av. Urbina y Portoviejo 130105, Portoviejo, Ecuador

²Universidad Nacional de Loja. Facultad de Agropecuaria y Recursos Renovables. Ciudad Universitaria "Guillermo Falconí Espinosa", Av. Pío Jaramillo Alvarado s/n, Sector La Argelia, Loja, Ecuador

³Universidad Nacional de Colombia. Carr. 32 # 12 – 00, Palmira - Valle del Cauca, Colombia

⁴Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Av. Instituto Politécnico Nacional. No. 195. Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur, C.P. 23096, México. Email. ledea1017@gmail.com.

*Corresponding author

SUMMARY

Background: Climate change, anthropic factor and non-compliance with livestock technologies are factors that modify ecosystems and biodiversity, which leads to the adoption of productive alternatives based on shrub species.

Objective: To evaluate the biological behavior of six cultivars of *Tithonia diversifolia* (Helms.) A. Gray in three localities of the Manabí province, Ecuador. **Methodology:** The cultivars were obtained from the Vegetable Program of the National University of Colombia, establishing themselves in the localities: El Carmen, Canuto and San Antonio. The plant structure and physiological morpho evaluations were developed every 90 days for one year under a divided plot design with four repetitions. **Results:** The principal component analysis (PCA) with the formation of three components managed to determine 70.53% of the accumulated variance explained. The analysis of variance yielded, depending on the interaction, that the San Antonio locality in the rainy period was the one that allowed expressing the potential of the cultivars (1-3 and 13-5) as a function of height, number of shoots and leaves. dead, (all except 1-2), while forage yield was not affected by the third degree interaction, if not, by the combination of locality x cultivars, where the best expression ($P \leq 0.001$) was obtained in the locality El Carmen with cultivar 13-5.

Implications: This is the first report about the cultivation and evaluation of cultivars of *T. diversifolia* in the coastal zone of Ecuador, considering as expectations, assess the expression of the nutritional value in the edaphoclimatic conditions in which they grew, and explore about the services ecosystems that this plant offers in production systems. **Conclusions:** There was a differentiated response for each cultivars in the variables studied, some (1-3 and 13-5) showed an attitude towards the growth, development and production of biomass, favored by the climatic conditions of the towns of El Carmen and Canuto. While others (1-2) showed a poor performance in all the factor relationships considered. In the San Antonio locality the lowest values of most of the variables under study were concentrated, affecting the accumulation of biomass.

Keywords. gold button; mexican sunflower; PCA; Ecuador; productivity.

RESUMEN

Antecedentes: El cambio climático, factor antrópico y el incumplimiento de las tecnologías ganaderas son factores que modifican los ecosistemas y la biodiversidad, lo que conlleva a adoptar alternativas productivas a base de especies arbustivas. **Objetivo:** Evaluar el comportamiento biológico de seis cultivares de *Tithonia diversifolia* (Helms.) A. Gray en tres localidades de la provincia Manabí, Ecuador. **Metodología:** Los cultivares se obtuvieron del Programa de Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia, estableciéndose en las localidades: El Carmen, Canuto y San Antonio. Las evaluaciones de estructura de la planta y morfo fisiológicas se desarrollaron cada 90 días durante un año bajo un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones. **Resultados:** El análisis de componentes principales (ACP) con la formación de tres componentes logró determinar el 70.53% de la varianza acumulada

† Submitted May 31, 2021 – Accepted August 21, 2021. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.

ISSN: 1870-0462.

‡Current address: Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Estación Experimental de Pastos y Forrajes, km 10 ½, carretera Bayamo-Tunas, Bayamo, Granma, Cuba.

explicada. El análisis de varianza arrojó en función de la interacción que la localidad San Antonio en el período de lluvias fue la que permitió expresar el potencial de los cultivares (1-3 y 13-5) en función de la altura, número de brotes y hojas muertas, (todos excepto 1-2), mientras que el rendimiento de forraje no fue afectado por la interacción de tercer grado, si no, por la combinación localidad x cultivar, donde la mejor expresión ($P \leq 0.001$) se obtuvo en la localidad El Carmen con el cultivar 13-5. **Implicaciones:** Este es el primer reporte acerca del cultivo y evaluación de cultivares de *T. diversifolia* en la zona costera del Ecuador, considerándose como expectativas, valorar la expresión del valor nutritivo en las condiciones edafoclimáticas en las que crecieron, y explorar acerca de los servicios ecosistémicos que ofrece esta planta en sistemas de producción. **Conclusiones:** Existió una respuesta diferenciada por cada cultivar en las variables estudiadas, algunas (1-3 y 13-5) mostraron actitud para el crecimiento, desarrollo y producción de biomasa, favorecido por las condiciones climáticas de las localidades El Carmen y Canuto. Mientras que otras (1-2) mostraron un pobre desempeño en todas las relaciones de factores consideradas. En la localidad San Antonio se concentraron los menores valores de la mayoría de las variables en estudio, afectando la acumulación de biomasa.

Palabras Claves: botón de oro; girasol mexicano; ACP; Ecuador; productividad.

INTRODUCCIÓN

Tithonia diversifolia (Helms.) A. Gray es un arbusto perenne de la familia *Asteraceae* de hasta 2.5 m de altura, originaria de Mesoamérica (México) (Ramírez-Rivera *et al.*, 2010; Ojeniyi *et al.*, 2012), distribuida en África, Australia y Asia, principalmente (GBIF, 2021), conocida como botón de oro, girasol mexicano, *Tithonia*, girasolillo, margaritona o árnica de la tierra (Ruiz *et al.*, 2018). Es una especie multifuncional con tolerancia a diversas afectaciones del suelo entre las que se relacionan, baja fertilidad, acidez y bajos niveles de fósforo (dos Santos Silva *et al.*, 2021). Entre sus características destacan, rápido crecimiento, alto potencial alelopático, y capacidad para la extracción de metales pesados (Ayesa *et al.*, 2018). Sus propiedades la identifican con principios farmacológicos, otorgándole potencialidades como antiinflamatorio, antibacteriano, antitumoral y antipalúdico (Zhao *et al.*, 2020), debido a una variada composición de metabolitos secundarios. También es reconocida como fuente alternativa de forraje por la alta tasa de acumulación de biomasa de alto valor nutritivo (Reis *et al.*, 2018), sin embargo, esta característica está sujeta a las condiciones edafoclimáticas en donde se cultive la planta (Ayesa *et al.*, 2018), aunque esta es capaz de revertir la condición del suelo a partir de la prominente tasa de rotación de materia vegetativa, identificada por ello como candidata para el rejuvenecimiento del suelo (Ojeniyi *et al.*, 2012), estos mismos autores afirmaron que, por esta peculiaridad y respuesta favorable al riego y fertilización, es capaz de responder positivamente en ambientes de bajos recursos hídricos que se combinan con afectaciones edáficas, similares a los que predominan en climas desérticos y semidesérticos.

Aspectos como el crecimiento y desarrollo, son poco considerados en los estudios con *T. diversifolia* (Reis *et al.*, 2018), enfocándose los resultados en la composición bromatológica (Riascos-Vallejos *et al.*,

2020), fitoquímica (Chagas-Paula *et al.*, 2012; Mabou Tagne *et al.*, 2018; Kato-Noguchi, 2020), y respuesta al pastoreo (Ruiz *et al.*, 2013), sobre todo por la abundante biomasa que ofrece esta planta de la que se relacionan valores desde 14.4 hasta 30.6 t MS ha⁻¹, definidos por la variedad (Guatusmal-Gelpud *et al.*, 2020), condiciones de crecimiento y atenciones culturales (Silva *et al.*, 2018; dos Santos Silva *et al.*, 2021).

Para el Ecuador el sector agropecuario tiene una importancia vital, según el último reporte emitido en 2019, este contribuyó con la quinta parte en la producción de bienes y servicios para la sostenibilidad alimentaria, aportó el 8% al crecimiento del Producto Interno Bruto y empleó al 29.4% de la población laboralmente activa, donde la mayor contribución dentro del sector, lo tuvo la crianza bovina. Dentro de la distribución del sector agropecuario, la provincia Manabí concentra el 21.60% de la masa ganadera nacional (930 mil cabezas), porcentaje mayor a cualquier otro estado del territorio nacional y de la costa en particular (ESPAC-INEC, 2019). Mantener el nivel de producción de la masa vacuna requiere planificación, organización y estrategia, para ello se han destinado 1 998.43 ha a nivel nacional para el cultivo de pastos, de las cuales el 40.08% está sembrado de *Megathyrus maximus*, 23.41% de pastos mixtos, 8.02% de *Brachiaria spp*, 4.92% de *Paspalum spp*, y 1.65% *Lolium multiflorum*, 14.57% está dedicado al cultivo de otros pastos (ESPAC-INEC, 2019), constatándose predominio de gramíneas, mismas que proveen energía principalmente, mientras que el cultivo de arbóreas no está desarrollado como parte de la estrategia de la base alimentaria de un sistema de alimentación basado en pastos y forrajes.

La provincia de Manabí está en la zona central de la costa de Ecuador, no posee ríos de deshielo, y se caracteriza por tener bajos niveles de precipitación (1.013 mm año⁻¹ con distribución poco uniforme) (Cartaya *et al.*, 2016), y afectaciones edáficas por

prácticas ganaderas extensivas (Torres *et al.*, 2015), condiciones que no favorecen el cultivo y desarrollo de pasturas tropicales mejoradas o introducidas, aun así, posee 709.241 ha de la superficie nacional cultivada con gramíneas, por lo que es necesario, que dentro del ordenamiento de la ganadería en la región de la costa del Ecuador, se garantice la base alimentaria (pastos y forrajes) equilibrada con cultivos que puedan crecer, desarrollarse y favorecer la crianza vacuna a partir de la producción de biomasa de calidad (energía/proteína), considerándose la inclusión de arbustos o árboles proteicos una necesidad, en este sentido, *Tithonia diversifolia* (Helms.) A. Gray a partir de sus bondades (plasticidad ecológica, tolerancia a la sequía, producción de biomasa de calidad, renovadora del suelo, entre otras), podría ser considerada una alternativa para el comienzo del cultivo de árboles proteicos, sin embargo, esta planta debe ser introducida en esta región, por lo que es preciso conocer su biología, y obtener de esta forma, criterios que permitan establecer un sistema de manejo con posibilidades de extenderlo a otras zonas del Ecuador. En este sentido, Holguín-Castaño *et al.*, (2015) recomendaron para evaluar especies forrajeras

introducidas, el uso de indicadores productivos y morfo agronómicos como; rendimiento de biomasa, relación hoja tallo y tasa de crecimiento y productividad, para la selección y/o adaptación a condiciones agroecológicas específicas. Proponiéndose como objetivo del presente estudio, evaluar el comportamiento biológico de seis cultivares de *T. diversifolia* en tres localidades de la provincia Manabí, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización, clima y suelo

La investigación se realizó en las localidades: El Carmen (79°22'74,8"O y 0°80'49,3" S; Bosque húmedo premontano (Holdridge, 1967), Canuto (80°05'28,0" O y 0°80'49,5" S; Bosque seco tropical (Holdridge, 1967) y San Antonio (80°22'92,6" O y 0°69'74,8" S; Bosque muy seco Tropical (Holdridge, 1967), pertenecientes a la provincia Manabí, Ecuador, durante los períodos lluvioso (abril-mayo) y poco lluvioso (junio-noviembre) (Bioweb, 2020) (Figura 1).

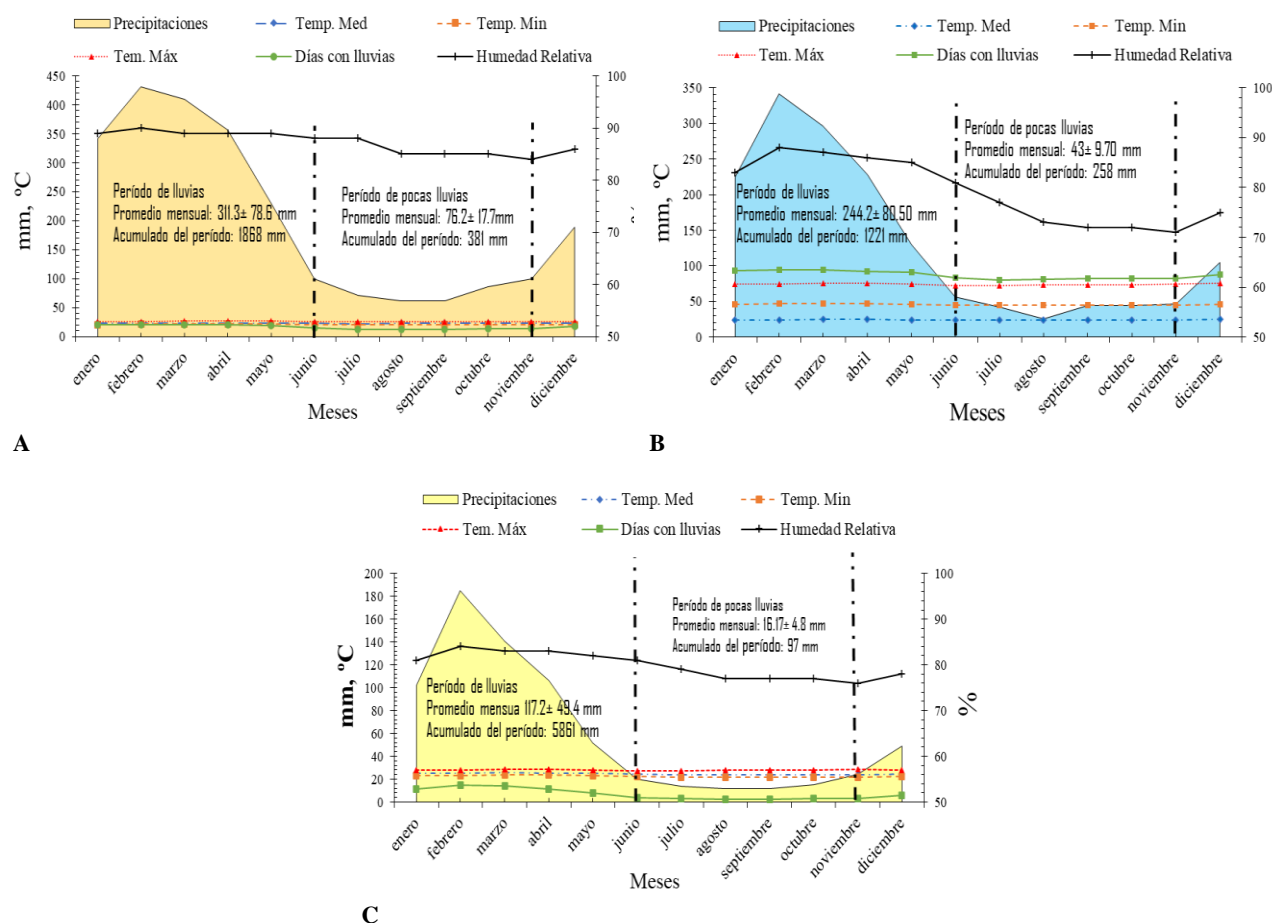


Figura 1. Variables climatológicas de las localidades El Carmen (A), Canuto (B) y S. Antonio (C).

En el análisis del comportamiento climático en función de las precipitaciones fundamentalmente, se observó un gradiente en función de los días con lluvia, se identificó que en El Carmen en cada mes llueven 16.6 ± 3.6 días, y 12.8 ± 5.2 y 6.8 ± 4.8 en las localidades Canuto y S. Antonio, respectivamente. Predisponiendo un régimen pluviométrico mensual que favorece, en orden, a El Carmen (203.2 ± 144.7 mm), Canuto (132 ± 111.8 mm) y S. Antonio (61 ± 58.7 mm). Esta ocurrencia en la distribución de la precipitación dentro de cada mes afecta el comportamiento de la humedad relativa con promedios de 87.3; 79.2 y 79.8%, para El Carmen, Canuto y S. Antonio, respectivamente. La temperatura (media, mínima y máxima) no manifestó rangos extremos entre localidades, solo diferencias sutiles entre 1-2°C entre localidades (Figura 1).

Para el análisis de suelo, se tomaron muestras de 0-20 cm de profundidad en forma de zigzag, según los procedimientos analíticos del laboratorio nacional de suelos (IGAC) del Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”, conformando una muestra única de un kilogramo, las cual se envió bajo refrigeración al IGAC para la determinación de pH (potenciómetro), materia orgánica (MO) (Walkley y Black), P (Bray II), Ca, Mg, K, Na y S por el método de Acetato de amonio 1N; capacidad de intercambio catiónico (CIC), B (Turbidimetría), Cu, Zn y Fe a partir de DTPA espectrofotometría (IGAC, 2006).

El tipo de suelo en cada localidad señaló importantes diferencias en la composición química y textura (Tabla 1), el pH se manifestó desde neutro hasta ácido, con altos niveles de MO en El Carmen, en comparación con Canuto, pero más drástico aún en S. Antonio, la cual fue muy baja, pero con altos contenidos de macrominerales (Ca, Mg, K y Na), microminerales (Mn, Fe) con un beneficio notable en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) respecto al suelo de El Carmen. El suelo de Canuto no manifestó valores muy distantes de los observados para S. Antonio. Sin embargo, la textura del suelo de la localidad S. Antonio podría limitar la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la retención de agua.

Material vegetal

Los cultivares se obtuvieron de la colección establecida por el Programa de Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira PHUNP. A partir de los resultados de Holguín-Castaño *et al.*, (2015) se seleccionaron los cultivares 1.2, 1.3, 13.5, 17.9, 22.14 y 25.2 de *T. diversifolia* para ser evaluadas en diferentes localidades de la provincia Manabí. El cultivo se estableció en parcelas de multiplicación de 360 m² (10m x 36m), luego la

extensión se realizó mediante esquejes ubicados en parcelas de 200 m², en un marco de siembra de 1 x 1.5 m según las recomendaciones de Castillo-Mestre *et al.*, (2016), para un total de 6667 plantas/hectáreas.

Tabla 1. Características del suelo de localidades donde se evaluaron los seis cultivares de *T. diversifolia* en Manabí, Ecuador.

Variables	Localidades		
	El Carmen	Canuto	San Antonio
pH (Un)	5.78	6.03	7.22
MO (g/Kg)	55.78	26.61	8.21
P-Brayll (mg/Kg)	11.36	105.46	200.48
Ca (Cmol/Kg)	5.97	19.30	25.93
Mg (Cmol/Kg)	1.27	6.34	5.01
K (Cmol/Kg)	0.86	2.89	1.75
Na (Cmol/Kg)	0.04	0.12	1.76
CIC (Cmol/Kg)	17.70	33.60	26.70
S (mg/Kg)	37.67	29.07	286.50
B (mg/Kg)	0.96	0.84	1.04
Cu mg/Kg	0.48	0.83	0.61
Zn (mg/Kg)	4.14	2.29	1.81
Mn (mg/Kg)	19.63	31.79	75.79
Fe (mg/Kg)	5.31	11.41	12.32
Textura	franco arcilloso	franco arcilloso	franco arenoso
*Clasificación	Andisol	Molisol	Inceptisol

Análisis realizados en el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT Cali Colombia

*La clasificación genética se basa en el criterio de la SECS (1986).

Posterior a la siembra, a los 120 días se realizó un corte de uniformidad y a partir del cual, cada 90 días en quince plantas dentro de cada parcela y desechando el efecto de borde, se cuantificaron las siguientes variables: Altura de Plantas (AP) (cm), medida con una regla milimetrada de 200 cm, y considerada desde la base del tallo hasta la punta de la hoja apical; Diámetro del Tallo (DT) (mm) mediante un calibrador pie de Rey; Número de Brotes (NB) a los 30 días después de la siembra hasta completar el ciclo de evaluación; Número de Yemas (NY); Número de Hojas por Tallo (HT); Número de Hojas Muertas por Tallo (HMT) determinándose mediante conteo directo de las yemas con hojas caídas; Número de Brotes Muertos (BM) cuantificando los brotes a los 100 días, y restando los contabilizados a los 30 días; Peso de las Hojas (PH) Kg. separando las hojas del tallo y pesando las hojas; Peso de los Tallos (PT) Kg, a los tallos a los que se le separó la hoja;

Relación Hoja Tallo H/T mediante la relación del peso de las hojas entre el peso de tallos; Porcentaje de Floración. (F) %.

Para determinar el rendimiento de forraje por hectárea (Rh) Kg, se realizó el corte de igualación a 30 cm del suelo, cada 90 días eliminando el efecto de borde (1 m). El material verde segado fue pesado mediante una balanza de reloj (Berkel) debidamente calibrada. Los valores de pesajes obtenidos fueron extrapolados a hectárea mediante relación aritmética de la función regla de tres en una hoja de cálculo Excel.

Tratamientos y diseño experimental

Se desarrolló el estudio en un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones, en los que se controlaron los efectos de los cultivares (6) como parcela principal (PP), y de las localidades (3) como subparcelas (SP), en épocas climáticas (2) y sus interacciones (6*3*2) en las variables evaluadas para un total de 36 tratamientos.

Procedimiento estadístico

El análisis estadístico se desarrolló mediante el software Statistics v 12.0. Se comprobaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad según los criterios de Kolmogorov-Smirnov y Bartlett, respectivamente. Para la prueba de comparación de medias se consideró el criterio de Newman-Keuls (Keuls, 1952), mientras que el análisis de varianza se desarrolló según el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + Cult_j + (e)_{ij} + Loc_k + Ec_l + (Cult \times Loc)_{jk} + (Cult \times Ec)_{jl} + (Cult \times Loc \times Ec)_{jkl} + e_{ijkl}$$

Donde: Y_{ijkl} = variable respuesta; μ : constante común para todas las observaciones; R_i : efecto de i-ésima réplica ($i=1...4$); $Cult_j$: efecto del j-ésimo cultivar ($j=1...6$); e_{ij} : Error de la parcela principal; Loc_k : efecto de la k-ésima localidad ($k=1,2$); Ec_l : efecto de la l-ésima estación climática ($l=1,2$); $Cult \times Loc_{jk}$: efecto combinado del j-ésimo cultivar en la k-ésima localidad, $Cult \times Ec_{jl}$: efecto combinado del j-ésimo cultivar en la l-ésima estación climática; $Cult \times Loc \times Ec_{jkl}$: efecto combinado del j-ésimo cultivar en la k-ésima localidad en la l-ésima estación climática; e_{ijkl} : error aleatorio normalmente distribuido.

Para definir la eficiencia de los factores en la expresión biológica y productiva de los cultivares, se utilizó la técnica multivariante de componentes principales, se comprobaron los supuestos de correlación entre variables originales mediante la KMO (Kaiser Meyer-Olki) (Kaiser, 1974) y prueba de esfericidad de Bartlett (Bartlett, 1937). Se

extrajeron los factores mediante una matriz de correlación basada en autovalor, y para la rotación de la base de datos se empleó el método Varimax con normalizada de Kaiser para minimizar los factores que definen el modelo (Torres *et al.*, 1993).

RESULTADOS

Al desarrollar el análisis mediante ACP de las variables que caracterizaron el comportamiento biológico de seis cultivares de *T. diversifolia* (Tabla 2), se obtuvo para el primer componente el 45.3% de la varianza acumulada explicada, agrupando variables que se relacionan con la productividad de la planta en una convergencia positiva, mientras que, localidad y relación hoja/tallo se relacionaron de forma negativa, indicando para la primera variable en mención, el poco aporte que tiene en la expresión de la productividad de las plantas en estudio, y para la segunda variable, podría afectar la productividad con posible afectaciones en la calidad de la biomasa.

El segundo componente contribuyó en un 13.6% para que se explicara el 58.9% de la varianza acumulada explicada, esta agrupó variables que contribuyen a la descripción morfológica de la planta en una convergencia positiva entre ellas y con la época climática, indicando el efecto que tiene esta última en la variabilidad de la expresión morfológica. Y el tercer componente, con una contribución de 11.63% a la varianza acumulada explicada, agrupó de forma heterogénea a los cultivares y su tendencia a la generación de brotes y productividad de hojas.

En el análisis del gráfico de pesos de los componentes (Figura 2), se ubicó como más cercano del origen a los cultivares, y la relación hoja/tallo como un aspecto que puede influir como una particularidad de estas, mientras que la altura de la planta y número de yemas por planta van a estar influenciadas por la época climática, en función de la cercanía de estas tres variables al origen, la localidad podría influir en el número de brotes y hojas muertas por plantas; La productividad de las plantas, al ubicarse en una relación negativa respecto a los cultivares, no estará afectada a menos que se presente algún evento extraordinario durante su ciclo de crecimiento.

En el análisis de la interacción de tercer grado se observaron afectaciones en el desarrollo de la planta en función de altura y número de brotes muertos (Tabla 3). En la localidad San Antonio dentro del período de lluvias se ubicaron los mayores valores ($P \leq 0.01$) de altura en los cultivares 1-3 y 13-5 con 288 y 304.47 cm, respectivamente, lo cuales se diferenciaron de los promedios propios en el período de seca y con el resto de las variantes consideradas. En un segundo orden de comparación, los cultivos 25-2, 17-9 y 22-14 dentro del período lluvioso en la

localidad San Antonio presentaron promedios de altura de 257.8; 252.73 y 244.47 cm, sin diferenciarse ($P \geq 0.05$) de los promedios de 13-5, 22-14 y 25-2 (242.80, 237.40 y 250.73 cm, respectivamente) que crecieron en la localidad El Carmen durante el período lluvioso, y con 1-3 que creció durante el período de seca en la localidad El Carmen, con el resto de los promedios propios dentro de los períodos climáticos en estudio y localidades sí existieron diferencias significativas ($P \leq 0.01$).

Entre tanto, los cultivares, excepto 1-2, que crecieron en el período seco en las localidades El Carmen y Canuto, y de esta última localidad en la lluvia, no se diferenciaron ($P \geq 0.05$) en el parámetro en estudio.

Los menores ($P \leq 0.01$) valores de altura se ubicaron en el período de seca, el menor valor se obtuvo en 1-2 en la localidad San Antonio, similar a la de ($P \geq 0.05$) 17-9 y 22-14 en esta misma localidad, y con el cultivar 1-2 en la localidad Carmen, todas se diferenciaron ($P \leq 0.01$) con los valores propios en el período de lluvia, donde no se observó similitud de valores. Para el número de brotes muertos la respuesta de los cultivares fue relativamente uniforme (Tabla 3), excepto para 1-2, los valores significativamente ($P \leq 0.01$) superiores se ubicaron en la localidad Canuto durante el período seco, manteniendo, la misma ($P \geq 0.05$) cantidad de brotes muertos que, en el período lluvioso, y dentro de este

Tabla 2. Factores determinantes en el crecimiento, morfología y productividad de cultivares de *T. diversifolia* en el Ecuador.

Componentes	Variables	Factor de Peso	% Varianza	% varianza acumulada explicada
I	Localidad	-0.82	38.01	45.3
	Peso del tallo (kg)	0.84		
	Rendimiento total de forraje (t ha ⁻¹)	0.76		
	Rendimiento x hectárea x corte (t ha ⁻¹)	0.77		
	Relación hoja/tallo	-0.77		
	Floración (%)	0.65		
II	Época	0.79	19.46	58.9
	Altura de la planta (cm)	0.70		
	Número de brotes muertos por planta (U)	0.73		
	Número de yemas por planta (U)	0.59		
	Hojas muertas por planta (U)	0.66		
	Cultivares	0.89		
III	Número de brotes por planta (U)	0.78	13.06	70.53
	Peso de la hoja (kg)	0.85		

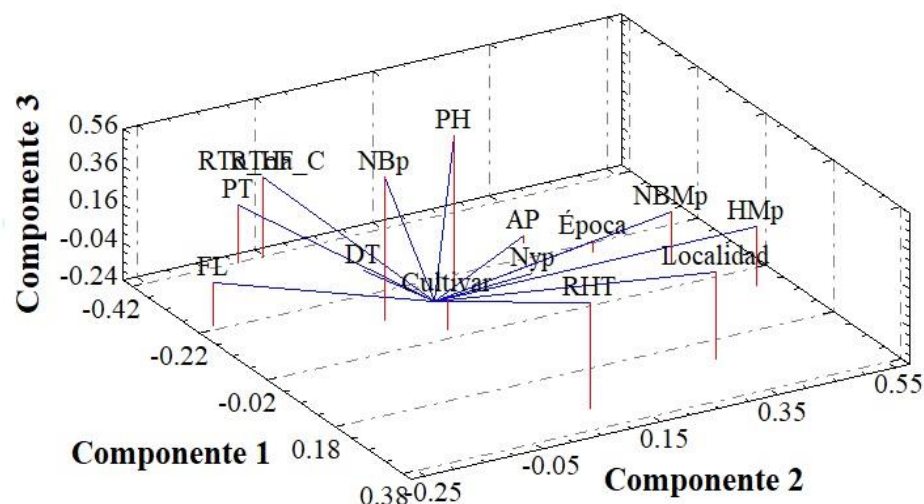


Figura 2. Relación de las variables en el comportamiento agronómico y productivo de seis cultivares de *T. diversifolia* en tres localidades de Manabí Ecuador.

Tabla 3. Efecto combinado de la localidad, época climática y cultivares en la altura de la planta y número de brotes.

Cultivares	Época climática					
	Seca			Lluvia		
	Localidades					
	El Carmen	Canuto	S. Antonio	El Carmen	Canuto	S. Antonio
	¹ Altura de la planta (cm)					
1-2	123.27 ^{ño}	180.6 ^{h-l}	108.4 ^o	175.40 ^{i-l}	168.87 ^{j-l}	215.40 ^{d-h}
1-3	222.6 ^{b-g}	198 ^{f-k}	157.07 ^{lmn}	230.40 ^{b-f}	195.27 ^{f-k}	288 ^a
13-5	223.18 ^{c-g}	207.87 ^{e-i}	150.07 ^{l-ñ}	242.80 ^{b-e}	208.87 ^{d-i}	304.47 ^a
17-9	194.27 ^{f-k}	190.6 ^{g-k}	121.27 ^{ño}	212.53 ^{d-i}	188.13 ^{g-k}	252.73 ^{bc}
22-14	190.40 ^{g-k}	189.27 ^{g-k}	127.87 ^{ño}	237.40 ^{b-e}	189.87 ^{g-k}	244.47 ^{bcd}
25-2	212.67 ^{d-i}	195.80 ^{f-k}	143.07 ^{mñ}	250.73 ^{bc}	194.80 ^{f-k}	257.80 ^b
±EE			1.97			
F			2.17			
P			0.01			
	² Número de brotes muertos (U)					
1-2	0 ^h	4.40 ^{a-d}	1.60 ^{f-g}	3 ^{cde}	4 ^{a-e}	3.13 ^{c-f}
1-3	0 ^h	4.93 ^{abc}	0.80 ^{gh}	3.33 ^{b-e}	4.93 ^{abc}	5.27 ^{ab}
13-5	0 ^h	3.93 ^{a-e}	0.80 ^{gh}	2.53 ^{def}	5.33 ^{ab}	4.87 ^{abc}
17-9	0 ^h	3.67 ^{a-e}	1 ^{gh}	2.40 ^{ef}	4.33 ^{a-d}	5.60 ^a
22-14	0 ^h	3.87 ^{a-e}	0.87 ^{gh}	4.33 ^{a-d}	4.27 ^{a-d}	5.60 ^a
25-2	0 ^h	3.67 ^{a-e}	0.73 ^{gh}	5.47 ^{ab}	3.80 ^{a-e}	5.47 ^{ab}
±EE			0.02			
F			2.60			
P			0.004			

Superíndices con al menos una letra en común no difieren entre sí, según Keuls (1952) para $P \leq 0.05$

(-) Línea entre letras de superíndices sugiere recorrido entre la primera letra que se declara, hasta la última que se menciona

±EE: Error estándar de la estimación

F: valor tabulado de F

P: Valor de la significación

²La significación se alcanzó mediante la transformación $\sqrt{x+4}$

período el comportamiento fue similar ($P \geq 0.05$) a las que crecieron en las localidades El Carmen y San Antonio. El mayor ($P \leq 0.001$) número de hojas muertas/planta se ubicó en la localidad Canuto en el período de seca y lluvias, y en este último período en la localidad San Antonio, lo cual conllevó a diferencias significativas ($P \leq 0.001$) con la localidad El Carmen en ambos períodos climáticos. En esta última localidad dentro del período seco, se ubicaron los menores ($P \leq 0.001$) valores para todas los cultivares de *T. diversifolia* en estudio (Tabla 3).

El mayor ($P \leq 0.001$) número de yemas se obtuvo en el cultivar 1-2 en la localidad El Carmen, y este fue común ($P \geq 0.05$) a los promedios de todos los cultivares de la localidad San Antonio y estos últimos a su vez, fueron similares ($P \geq 0.05$) al resto que crecieron en la localidad El Carmen, todos en el período lluvioso, y con los promedios de los cultivares 1-3, 22-14 y 25-26 de la localidad El Carmen en el período de seca, y dentro de este mismo período, 17-9 y 25-26 que crecieron en las localidades El Carmen y Canuto (Tabla 4). La producción de yemas se vio significativamente ($P \leq 0.001$) afectada en todos los cultivares en la localidad Canuto en

ambos períodos climáticos, excepto 17-9 para ambos períodos, observándose un comportamiento similar ($P \geq 0.05$) en la localidad San Antonio durante el período de seca, conllevando diferencias significativas ($P \leq 0.001$) con el resto de los promedios no mencionados. El diámetro del tallo por su parte tuvo una alta variabilidad por el efecto de la interacción de tercer grado (Tabla 5). El mayor ($P \leq 0.001$) valor se ubicó en el cultivar 25-2 (21.13 mm) en el período de lluvias en la localidad El Carmen, seguido por 22-14 (19.20 mm) en la misma localidad y condiciones de crecimiento, esta fue común ($P \leq 0.05$) con el resto de los cultivares que crecieron en El Carmen y todas las que crecieron en San Antonio en el período lluvioso.

Mientras que el valor significativamente inferior se obtuvo en 1-2 cultivada en Canuto durante el período de seca, y fueron comunes a este valor (10.30 mm), los cultivares 1-3, 17-9 y 22-14 que crecieron en las mismas condiciones y localidad, también fueron comunes para el período de lluvias, excepto 13-5 con 13.87 mm, diferenciándose del resto de los promedios que redundaron los valores ubicados entre máximos y mínimos. El peso de los tallos mostró

Tabla 4. Efecto combinado de la localidad, época climática y cultivar en la cantidad de hojas muertas/planta y número de yemas.

Número de yemas.		Época climática				
Cultivares	Seca			Lluvia		
	Localidades					
	El Carmen	Canuto	S. Antonio	El Carmen	Canuto	S. Antonio
¹ Número de hojas muertas/planta (cm)						
1-2	2.73 ^{jk}	13.13 ^{b-e}	11 ^{efg}	6.07 ⁱ	13.27 ^{b-e}	11.33 ^{efg}
1-3	1.93 ^{jk}	15.33 ^{abc}	6.47 ⁱ	3.73 ^j	15 ^{a-d}	15.53 ^{abc}
13-5	1.60 ^{jk}	11.60 ^{def}	7.60 ⁱ	8.20 ^{ghi}	11 ^{efg}	14.67 ^{a-d}
17-9	2.67 ^{jk}	13.73 ^{b-e}	6.13 ⁱ	10.27 ^{e-h}	13.47 ^{b-e}	16.87 ^{ab}
22-14	2.33 ^{jk}	12.33 ^{cde}	8.47 ^{ghi}	8.80 ^{fgi}	12.33 ^{cde}	17.53 ^a
25-2	2.87 ^{jk}	12.13 ^{cde}	6.33 ⁱ	7.67 ^{hi}	12.67 ^{cde}	17.53 ^{ab}
±EE				0.04		
F				6.42		
P				0.001		
² Número de yemas (U)						
1-2	22.60 ⁱ⁻ⁿ	26.07 ^{g-m}	26.20 ^{g-m}	37.47 ^a	26.07 ^{g-m}	31.73 ^{a-f}
1-3	27 ^{d-l}	26.07 ^{g-m}	19.53 ⁿ	29.33 ^{b-g}	25.53 ^{g-m}	32.47 ^{a-d}
13-5	24.93 ^{g-m}	23.67 ^{h-n}	22 ^{k-n}	27.87 ^{d-i}	23.47 ⁱ⁻ⁿ	29.07 ^{b-h}
17-9	29.33 ^{b-g}	27.33 ^{d-k}	21.67 ^{mn}	33.67 ^{abc}	27.13 ^{d-l}	34.47 ^{ab}
22-14	27.33 ^{d-k}	23 ⁱ⁻ⁿ	22.13 ^{k-n}	32.07 ^{a-e}	22.67 ^{j-n}	33.27 ^{abc}
25-2	28.33 ^{c-i}	26.60 ^{e-m}	21.93 ^{lmn}	26.33 ^{g-m}	26 ^{f-m}	33.47 ^{abc}
±EE				0.04		
F				31.69		
P				0.001		

Superíndices con al menos una letra en común no difieren entre sí, según Keuls (1952) para $P \leq 0.05$

(-) Línea entre letras de superíndices sugiere recorrido entre la primera letra que se declara, hasta la última que se menciona

±EE: Error estándar de la estimación

F: valor tabulado de F

P: Valor de la significación

^{1,2}La significación se alcanzó mediante la transformación $\sqrt{x+4}$

variabilidad (Tabla 5), los valores significativamente superiores ($P \leq 0.001$) en orden progresivo se ubicaron en la localidad El Carmen en el período de lluvias en los cultivares 25-2 (10.97 kg); 13-5 (9.45 kg); 17-9 (6.95 kg), con esta última fueron comunes ($P \geq 0.05$) el resto de las cultivares en esta localidad y condición climática. El valor significativamente inferior se ubicó en la introducción 1-2 cultivada en las localidades de El Carmen (1.92 kg) y San Antonio (0.77 kg) en el período de seca, y comunes ($P \geq 0.05$) con estos valores, presentaron los cultivares 17-9 (1.50 kg) y 22-14 (1.08 kg) en San Antonio dentro del período climático en mención, en el período de lluvias en la localidad Canuto, el cultivar 1-2 (1.87 kg) también arrojó valor de peso del tallo similar ($P \geq 0.05$) a los mencionados. En el resto de los cultivares los promedios oscilaron en valores mínimos y máximos. En la relación hoja/tallo por su parte, al contrario de que se observa para el cultivar 1-2 en las variables comentadas con anterioridad, esta mostró la mejor relación en la localidad San Antonio en el período de seca con 1.10, diferenciándose ($P \leq 0.01$) de los promedios propios dentro del período de seca y con los del período de lluvias, así mismo ($P \leq 0.01$) del resto de los valores de los cultivares en

las diferentes localidades y períodos climáticos (Tabla 6).

Dentro de la localidad San Antonio en el período de seca, los cultivares 13-5, 17-9, 22-14 y 25-2 mostraron valores favorables en la relación hoja/tallo que se diferenciaron ($P \leq 0.01$) de los valores propios en el resto de las localidades en el periodo de seca y de lluvia, respectivamente. Las relaciones más bajas ($P \leq 0.01$) respecto al resto de los promedios, se encontraron en la localidad El Carmen en el período de seca y lluvias para los cultivos en estudio, excepto el 1-2. el resto mostró relaciones moderadas para la variable en cuestión. El proceso de floración por su parte mostró de forma general que, los cultivares que crecieron en la localidad El Carmen en el período de lluvias mostraron el mayor porcentaje respecto al resto que crecieron en otras localidades en seca y lluvia (Tabla 6). Los cultivares 1-3, 17-9 y 25-2 presentaron 100% de floración, lo que conllevó su diferenciación con sus propios promedios dentro del período de lluvias y de seca en las diferentes localidades, seguidas por 22-14 (96%) y 13-5 (90%). Sin embargo, en la localidad El Carmen en el período de seca los cultivares 1-2, 17-9 y 25-2, compartieron

Tabla 5. Efecto combinado de la localidad, época climática y cultivares en la morfología del tallo.

Tabla 3. Efecto combinado de la localidad, época climática y cultivares en la morfología del tallo.						
Cultivares	Época climática					
	Seca			Lluvia		
	Localidades					
	El Carmen	Canuto	S. Antonio	El Carmen	Canuto	S. Antonio
	¹ Diámetro del tallo (cm)					
1-2	12.37 ^{g-j}	10.30 ^j	10.93 ^{ij}	16.33 ^{b-e}	10.67 ^{ij}	14.87 ^{e-g}
1-3	16.63 ^{b-e}	11.53 ^{hij}	13.47 ^{fgh}	17.27 ^{b-e}	11.73 ^{hij}	18 ^{b-d}
13-5	19.07 ^{bc}	13.53 ^{fgh}	12 ^{hij}	18.13 ^{bcd}	13.87 ^{fgh}	18.60 ^{bc}
17-9	16.67 ^{b-e}	12.47 ^{g-j}	11.27 ^{hij}	15 ^{efg}	12.53 ^{g-j}	16.87 ^{b-e}
22-14	15.43 ^{def}	12.60 ^{g-j}	12.87 ^{ghi}	19.20 ^b	12.53 ^{g-j}	16.80 ^{b-e}
25-2	16.87 ^{b-e}	12.93 ^{ghi}	13.43 ^{fgh}	21.13 ^a	12.67 ^{g-j}	16.80 ^{b-e}
±EE			0.03			
F			5.4			
P			0.001			
	² Peso del tallo (kg)					
1-2	1.92 ^{m-o}	1.79 ^{mnñ}	0.77 ^o	7.10 ^{cd}	1.87 ^{m-o}	2.07 ^{l-ñ}
1-3	5.52 ^{def}	4.85 ^{efg}	2.51 ^{k-n}	7.42 ^c	4.75 ^{e-h}	3.67 ^{g-k}
13-5	6.09 ^{c-e}	3.58 ^{g-l}	2.05 ^{l-ñ}	9.45 ^b	3.11 ^{i-m}	4.20 ^{f-j}
17-9	4.51 ^{e-i}	3.17 ^{h-m}	1.50 ^{n-o}	6.95 ^d	3.07 ^{i-m}	2.83 ^{j-n}
22-14	4.51 ^{e-i}	2.84 ^{j-m}	1.08 ^{ño}	7.03 ^{cd}	2.71 ^{j-n}	2.70 ^{j-n}
25-2	3.92 ^{f-k}	2.39 ^{k-ñ}	1.87 ^{mnñ}	10.97 ^a	2.57 ^{j-n}	3.24 ^{h-m}
±EE			0.02			
F			3.60			
P			0.001			

Superíndices con al menos una letra en común no difieren entre sí, según Keuls (1952) para $P \leq 0.05$

(-) Línea entre letras de superíndices sugiere recorrido entre la primera letra que se declara, hasta la última que se menciona

±EE: Error estándar de la estimación

F: valor tabulado de F

P: Valor de la significación

¹Se alcanzó la significación mediante la transformación $\sqrt{x+4}$

²La significación se alcanzó mediante la transformación $\sqrt{x+2.5}$

($P \geq 0.05$) superíndices con sus valores y resto de los cultivares que crecieron en la localidad San Antonio en el período de lluvias, donde se registraron los menores ($P \leq 0.001$) porcentajes de floración, los cuales oscilaron entre 0.66 y 6%; en el resto de las localidades y período climático, los valores de estas variaron entre 63.3 y 23.3% de floración en segundo orden de significación, y entre 10 y 6.67% antes de confirmarse los rangos de los valores mínimos.

Para las variables productivas (Tabla 7) la interacción de tercer grado no tuvo efecto alguno, viéndose modificadas por la interacción cultivar x localidad. El cultivar que mayor ($P \leq 0.02$) peso de hojas aportó fue el 1-3 cultivada en la localidad Canuto, y en segundo orden de importancia, 13-5 y 17-9 en la misma localidad, mostrando similitudes ($P \geq 0.05$) con sus valores propios cuando fueron cultivadas en la localidad San Antonio y con el resto de los cultivares en estudio, excepto 22-14 que presentó el valor significativamente inferior ($P \leq 0.02$) en las tres localidades, similar a 1-2 en las localidades El Carmen y Canuto, y 1-3, 17-9 cultivadas en El Carmen.

El mayor ($P \leq 0.05$) rendimiento de forraje por parcela y por hectárea/corte se obtuvo en el cultivar 13-5 en la localidad El Carmen, ubicándose por orden de relevancia, los mayores valores ($P \leq 0.05$) en esta localidad para todos los cultivos respecto a los valores propios obtenidos en el resto de las localidades. En la localidad San Antonio se obtuvieron los promedios de un tercer orden de significación y el valor más bajo ($P \leq 0.05$) de rendimiento en la introducción 1-2.

DISCUSIÓN

La relación negativa del factor localidad en el ACP pudiera relacionarse con las similitudes en las condiciones climáticas en la región de estudio, dadas por su ubicación en una misma altura sobre el nivel mar (Pourrut, 1983). Al respecto se reporta que *T. diversifolia* se desarrolla favorablemente en un rango de temperatura y precipitaciones entre 15-31°C y 100-2000 mm, respectivamente (Kandungu *et al.*, 2013). Dai *et al.*, (2021) en un estudio mediante modelación matemática de la expresión invasiva de *T. diversifolia* en el escenario del actual cambio climático,

Tabla 6. Efecto combinado de la localidad, época climática y cultivar en la relación hoja/tallo y porcentaje de floración.

Época climática						
Seca	Lluvia					
Localidades						
El Carmen	Canuto	S. Antonio	El Carmen	Canuto	S. Antonio	
¹ Relación hoja/tallo						
1-2	0.47 ^{g-j}	0.66 ^{def}	1.10 ^a	0.30 ^{l-ñ}	0.66 ^{def}	0.54 ^{fgh}
1-3	0.26 ^{mno}	0.48 ^{g-j}	0.73 ^{de}	0.15 ^o	0.46 ^{f-k}	0.49 ^{g-j}
13-5	0.28 ^{mno}	0.47 ^{g-j}	0.77 ^{bcd}	0.18 ^{ño}	0.51 ^{f-i}	0.40 ^{h-m}
17-9	0.33 ^{j-n}	0.57 ^{fgh}	0.88 ^c	0.15 ^o	0.66 ^{def}	0.55 ^{fgh}
22-14	0.31 ^{k-ñ}	0.45 ^{g-k}	0.90 ^{bc}	0.20 ^o	0.60 ^{efg}	0.52 ^{fgh}
25-2	0.35 ^{i-m}	0.44 ^{g-l}	0.76 ^{bcd}	0.14 ^o	0.53 ^{fgh}	0.53 ^{fgh}
±EE			0.003			
F			2.2			
P			0.01			
² Floración (%)						
1-2	1.33 ^{k-n}	8.33 ^{i-k}	40 ^f	0 ⁿ	6 ^{k-n}	3.33 ^{k-n}
1-3	80 ^d	23.3 ^{g-j}	63.3 ^e	100 ^a	22 ^{g-j}	1.33 ^{lmn}
13-5	60 ^e	10 ^{g-j}	63.3 ^e	90 ^c	10 ⁱ	3.33 ^{k-n}
17-9	3.33 ^{k-n}	6.67 ^{i-m}	23.3 ^g	100 ^a	8 ^{i-k}	1.33 ^{lmn}
22-14	10 ^{h-i}	8 ^{k-m}	26.7 ^g	96 ^b	8.7 ^{i-l}	0.66 ^{mn}
25-2	1.33 ^{k-n}	4.67 ^{k-n}	20 ^{g-j}	100 ^a	6.67 ^{klm}	3.33 ^{k-n}
±EE			0.04			
F			31.69			
P			0.001			

Superíndices con al menos una letra en común no difieren entre sí, según Keuls (1952) para $P \leq 0.05$

(-) Línea entre letras de superíndices sugiere recorrido entre la primera letra que se declara, hasta la última que se menciona

±EE: Error estándar de la estimación

F: valor tabulado de F

P: Valor de la significación

¹La significación se alcanzó mediante la transformación $\sqrt{x+2.5}$

²La significación se alcanzó mediante la transformación $\text{Arcos}\sqrt{x/100}$

pronosticaron el desarrollo favorable de la planta en rangos de 10-21.8°C. Entre las localidades en estudio, El Carmen, Canuto y S. Antonio, se obtuvieron rangos de temperatura entre 20.1-27; 20.8-29.6; 21.4-28.6°C, en orden, mostrando intervalos de nueve grados de diferencia entre mínimas y máximas; estas diferencias o rangos tan ajustados se relacionan con que, la duración de los días y cantidad de radiación solar son similares en todo el Ecuador (12 horas luz), por lo cual se reduce la variación de la temperatura a 3°C entre meses, rangos que no son significativos para generar modificaciones importantes en el crecimiento y desarrollo de la *T. diversifolia* (Dai *et al.*, 2021).

Mientras que las precipitaciones oscilaron entre localidades (El Carmen, Canuto y S. Antonio) 62-431; 26-342; 12-185 mm dentro del año de estudio, respectivamente, por lo que podría ser el régimen pluviométrico dentro del factor época el que promueva principalmente diferentes expresiones en el crecimiento y desarrollo de la planta. En este sentido, se observó una relación positiva con el crecimiento en función de la altura y desarrollo foliar de los cultivares, lo cual se fundamenta principalmente con

el régimen hídrico que caracteriza a cada estación climática (lluviosa y poco lluviosa), observaciones que coincidieron con las de Ruiz *et al.*, (2012) en las condiciones del occidente de Cuba en los períodos lluvioso y de pocas lluvias, lo que sustenta las observaciones del presente estudio en las considerables diferencias entre cada período, con aportes sustanciales de estos para el acumulado anual. En la localidad El Carmen se acumularon 2438 mm anuales, con aportes del 76.62% en el período de lluvias y solo 15.63% en pocas lluvias, mientras que en Canuto el acumulado fue de 1584 mm con aportes de 77.08 y 16.29%, respectivamente, y S. Antonio con 732 mm anuales, distribuidos el 80.05% en lluvias y 13.25% en pocas lluvias, lo cual corrobora los criterios de la existencia de un gradiente para esta variable en la región de la costa que se comporta de 200-150-100 y 50 mm/año⁻¹ (Bioweb, 2020), y que estimula el desarrollo foliar y crecimiento de los cultivares en estudio, por lo que se debería considerar en los estudios de *T. diversifolia* en las condiciones del Ecuador, la variable precipitación. En el criterio de dos Santos Silva *et al.*, (2019) temperatura y humedad fueron de las variables que más aportaron en su estudio, pero para la región de la costa en el

Ecuador tienen pocos aportes a partir de la uniformidad en la heliofanía y su relación con la humedad relativa.

Mientras que la relación entre cultivares y su capacidad para producir brotes, hojas muertas, brotes muertos, yemas, diámetro del tallo, y relación hoja/tallo, se expresaron de forma uniforme en la localidad S. Antonio en el período de lluvias, de lo que pudiera considerarse que el desarrollo morfológico de la planta podría verse afectado por el efecto localidad. S. Antonio fue la localidad con menos precipitaciones, sin embargo, se ha notificado que *T. diversifolia* es muy poco dependiente del recurso hídrico para el cumplimiento de su ciclo biológico y acumulación de biomasa. Aunque siempre se nota una mejoría en la expresión productiva cuando se aplica riego (Reis *et al.*, (2018), hasta el momento no se han reportado expresiones en la reducción del crecimiento o retardo en el desarrollo producto de la sequía como se evidencia en otros cultivos (Ul-Allah *et al.*, 2015; Xiao *et al.*, 2015), no obstante, Argüello-Rangel *et al.*, (2020) señalaron que la pérdida de hojas y brotes muertos son indicios de estrés hídrico en *T. diversifolia*, lo cual repercutió

con la expresión del potencial productivo, dónde los valores mayores se encontraron en la localidad El Carmen, introducción 13-5 (62.7 t/corte/ha⁻¹) y el menor en S. Antonio en la introducción 1-2 (16 t/corte/ha⁻¹), coincidente con el mayor y menor régimen de precipitación y acumulado pluvial.

La expresión morfológica en la localidad S. Antonio puede relacionarse con la composición del suelo, por una parte, las variables sobre expresadas están relacionadas con la nutrición mineral, hábitos de desarrollo y estímulos hormonales de la planta (Taiz and Zeiger, 2006) y su expresión es parte de la fisiología del cultivo (Muoghalu, 2008). Para la expresión de brotes y yemas, se considera que esta planta es proclive a ello en función de la edad, observándose la evolución en el número de ramificaciones como consecuencia de una elevada cantidad de puntos de crecimiento y de reservas, las cuales son responsables de un mayor número de rebrotes, independientemente de las hojas remanentes en las plantas después del corte o el pastoreo (Guatusmal-Gelpud *et al.*, 2020), con el conveniente beneficio del período climático, en este sentido, el régimen hídrico parece ser el adecuado

Tabla 7. Interacción entre cultivares de *T. diversifolia* y localidad en variables productivas y agronómicas.

Cultivares	Localidades			P	F	±EE
	El Carmen	Canuto	S. Antonio			
¹ Peso de hojas (kg)						
1-2	1.24±2.5 ^{cde}	1.200±0.67 ^{de}	1.20±0.66 ^{bc}	0.001	4.43	0.02
1-3	1.25±0.55 ^{cde}	2.20±0.69 ^a	1.73±0.66 ^{bc}			
13-5	1.60±0.55 ^{bcd}	1.61±0.65 ^{bcd}	1.61±0.65 ^{bcd}			
17-9	1.24±0.54 ^{cde}	1.86±0.64 ^b	1.36±0.65 ^{bcd}			
22-14	1.32±0.52 ^{cde}	1.37±0.69 ^{cde}	0.97±0.62 ^e			
25-2	1.45±0.55 ^{bcd}	1.39±0.69 ^{cde}	1.49±0.64 ^{bcd}			
² Rendimiento de forraje (kg)						
1-2	4.96±2.6 ^{cd}	3.07±2.01 ^e	2.39±2.03 ^f	0.001	4.17	0.03
1-3	7.72±1.52 ^b	7.063±2.12 ^b	4.82±1.95 ^{cd}			
13-5	9.37±3.05 ^a	5.06±1.95 ^c	4.74±1.90 ^c			
17-9	6.97±2.93 ^b	4.98±1.92 ^c	3.52±2.03 ^{de}			
22-14	7.09±3.08 ^b	4.18±2.0 ^{cde}	3.09±1.96 ^{ef}			
25-2	8.19±2.98 ^b	3.73±1.91 ^{cde}	4.04±1.90 ^{cde}			
³ Rendimiento por hectárea/corte (t/ha ⁻¹)						
1-2	33.2±17.7 ^{cd}	20.5±13.4 ^e	16.0±13.57 ^f	0.001	2.95	0.09
1-3	51.7±16.89 ^{ab}	47.0±14.42 ^b	32.3±13.05 ^c			
13-5	62.7±20.41 ^a	34.0±13.05 ^{cd}	31.7±12.73 ^{cd}			
17-9	46.7±19.60 ^b	33.3±12.83 ^c	23.5±13.58 ^{de}			
22-14	47.5±20.67 ^b	28.0±13.39 ^{c-e}	20.6±13.15 ^{ef}			
25-2	54.8±19.94 ^{ab}	25.0±12.98 ^{c-e}	27.0±12.72 ^{c-e}			

Superíndice con al menos con una letra en común no difieren entre sí, según Keuls (1952) para $P \leq 0.05$

(-) Línea entre letras de superíndices sugiere recorrido entre la primera letra que se declara, hasta la última que se menciona

±EE: Error estándar de la estimación

F: valor tabulado de F

P: Valor de la significación^{1,2}

La significación se alcanzó mediante la transformación $\sqrt{x+1}$, y $3\sqrt{x}$

para que la planta pueda hacer uso de los elementos minerales, pues esta es considerada como poco exigente ante la demanda de agua, también se debe señalar que la disponibilidad de minerales en S. Antonio en comparación con el resto de las localidades fue superior y favorecida por el tipo de textura, al respecto Botero-Londoño *et al.*, (2019), señalan que la textura arcillosa absorbe los macrominerales por los óxidos de hierro y de aluminio contenidos en ella, las cuales son la texturas de los suelos de las localidades de El Carmen y Canuto.

T. diversifolia no es afectada por limitaciones minerales de los suelos producto a su amplio sistema radical, lo que a su vez favorece su plasticidad ecológica, sin embargo, es capaz de hacer uso eficiente de los recursos de los suelos donde se cultiva (Chagas-Paula *et al.*, 2012), fenómeno que pudo estar presente ante la disponibilidad de minerales. *T. diversifolia* logra hacer un balance entre el recurso hídrico disponible y la composición mineral del suelo de la localidad S. Antonio, pero también pudo haberse beneficiado del efecto que ejerce este cultivo a la composición del suelo, experiencias experimentales donde se tuvo en cuenta el criterio en mención, abordan que este cultivo provee al suelo de MO, carbono y minerales (Navas-Panadero and Montaña, 2019), lo cual pudo favorecer la persistencia del cultivo en esta localidad, además de una posible mejoría de la textura del suelo de S. Antonio, y con ello incremento de la retención de agua. Otras evidencias del efecto positivo que tiene esta planta en el suelo cuando se aplica como abono verde, relacionan el mejoramiento de la densidad aparente, incremento de MO, nitrógeno total (Crespo *et al.*, 2011), y de la porosidad (Ojeniyi *et al.*, 2012). En el presente estudio no se aplicó abono verde, pero si se incrementó, como ya se comentó, el número de hojas muertas lo cual posibilita un reciclaje de nutrientes, sin embargo, es notable la necesidad de estudios posteriores en las condiciones del Ecuador que contribuyan a esclarecer estos efectos en la tasa de recambio de hojas, reciclaje de nutrientes, y servicios ecosistémicos que ofrece, y contribuir a la mejora de los sistemas de producción de biomasa mediante el uso de este arbusto.

Hubo expresiones diferidas para la altura de la planta, destacándose los cultivares 1-3 y 13-5, para el diámetro y peso del tallo el cultivar 25-2, y en floración la 1-3 y 17-9, donde las localidades tuvieron su intervención al respecto, la primera variable en mención se expresó en la localidad S. Antonio en el período de lluvias, y el resto en El Carmen en el mismo período climático. La altura de la planta en *T. diversifolia* es una de las más favorecida por el efecto de las precipitaciones (Reis *et al.*, 2018; dos Santos Silva *et al.*, 2021), y la misma se comporta de forma

lineal en el tiempo y la fuerza de su expresión responde al tipo de ecosistema en el que se encuentre la planta (Morales, 2000). Así mismo para la relación hoja tallo, Botero-Londoño *et al.*, (2019) señalaron que la relación iba a depender de la evolución y desarrollo de la planta, modificándose o viéndose favorecida por la calidad del suelo, pero la tendencia es el incremento de tallos respecto a las hojas, para el presente estudio las relaciones fueron bajas, lo cual es una aptitud de los cultivares ante las condiciones edafoclimáticas y que favorece los intereses de la presente investigación, mientras que la floración se considera relacionada directamente con la cantidad de ramas presentes, y estas a su vez definida por la densidad de la población de plantas (Ayeni *et al.*, 1997), otras observaciones para la cantidad de hojas se relacionan con la fechas de siembra de los cultivos (Muoghalu, 2008), sin embargo, este es un aspecto que debe ser profundizado para los cultivos en experimentación.

Relativo al peso de las hojas Botero-Londoño *et al.*, (2019) indicaron que esta variable es un indicativo de las características productivas y nutricionales de la planta al presentar una alta correlación con las demás características productivas del cultivo, estos autores obtuvieron en su estudio pesos relativos entre 4.32-1.59 g/hoja lo cual se relacionó con la aplicación de fertilización, donde enfatizaron que el perfil químico del suelo no afecta drásticamente el crecimiento y desarrollo de la planta, pero si impacta el perfil químico de la misma, y algunas variables agronómicas, entre ellas, el peso de las hojas, aspecto que pudo estar manifiesto en los resultados del presente estudio, al notarse las diferencias en la interacción cultivar x localidad, estribando la principal diferencia entre las localidades el régimen pluviométrico y el perfil y textura del suelo, lo cual también se relaciona con los resultados obtenidos por dos Santos Silva *et al.*, (2021) con la aplicación de fertilización nitrogenada y riego, donde se manifestó el mayor beneficio por el efecto del riego y también el efecto de la introducción se hizo notar, aspecto que debe ser mayormente aclarado ya que los estudios de las mismas son incipientes.

La productividad de *T. diversifolia* se relaciona con un grupo de factores que incluyen el manejo, condiciones edafoclimáticas, aplicación de riego o fertilización. En este sentido se refiere que el rango de productividad se encuentra en 30-70 t/ha/corte⁻¹ (Navas-Panadero and Montaña, 2019), en este sentido se podría considerar que, la localidad El Carmen favorece la productividad de todos los cultivares de *T. diversifolia*, mientras que en Canuto, a pesar de presentar condiciones favorables, los cultivares 1-2, 22-14 y 25-2 no logran alcanzar el valor mínimo del potencial de producción, mientras que S. Antonio desfavorece el potencial productivo de todos los

cultivares, probablemente por el régimen hídrico, siendo necesario la utilización de estrategias de cultivo (agronómicas, fertilización y riego) para incrementar la productividad de las plantas, en estas dos últimas localidades. Referente a los valores de rendimiento de los cultivares de *T. diversifolia* mostrados en la tabla 7 del presente estudio, se consta de experiencias en el cultivo de esta planta en condiciones de pocas precipitaciones que señalan rendimientos de forraje/corte de 18.14 t al utilizar semilla sexual y densidades de 62100 plantas/ha⁻¹ (Argüello-Rangel *et al.*, 2020); mientras que (Ferreira-Calsavara *et al.*, 2016) consideró para el corte criterios fenológicos de la planta (prefloración) obteniendo 24.7 t/ha⁻¹, y Gallego-Castro *et al.*, (2014) en bancos forrajeros establecidos con semilla sexual obtuvo valores de 21.81 t/ha⁻¹, Botero-Londoño *et al.*, (2019) 31.07 t/ha⁻¹, Tellez-Sanabria *et al.*, (2014) 26.6 t/ha⁻¹, y Navas-Panadero and Montaña (2019) en condiciones de abundantes precipitaciones (2300 mm/año⁻¹) refirió 17.07 t/ha/corte⁻¹, estas experiencias en la productividad de *T. diversifolia* refuerzan los criterios de plasticidad ecológica de la especie y la predisposición del manejo, atenciones culturales, y condiciones edafoclimáticas para garantizar la expresión del potencial productivo.

CONCLUSIONES

Los cultivares de *T. diversifolia* en estudio mostraron que solo es atribuible a ellas como característica propia el número de brotes y el peso de las hojas, mientras que el efecto localidad afectará marcadamente el desempeño productivo de las mismas, con énfasis a la relación hoja/tallo, mientras que el período climático estará definiendo la variabilidad morfológica de estas. Al interactuar los factores en estudio (clima, cultivar, período climático) se alteraron como variables respuestas, la altura de la planta y número de brotes muertos, dónde, los cultivares, 1-3 y 13-5 mostraron actitud para el crecimiento, desarrollo y producción de biomasa, favorecido por las condiciones climáticas de las localidades El Carmen y Canuto. El cultivar 1-2 mostró un pobre desempeño en todas las relaciones de factores consideradas, y en la localidad S. Antonio se concentraron los menores valores de la mayoría de las variables consideradas en el presente estudio, resaltando afectaciones en la acumulación de biomasa.

Agradecimientos

A la Universidad Técnica de Manabí por el apoyo permanente en el desarrollo de este objetivo, al Dr. Manuel de Jesús Peña por su acompañamiento durante este proceso investigativo.

Funding. This work was funded by project “Evaluación del Botón de Oro *Tithonia diversifolia* como alternativa forrajera para bovinos en Manabí Ecuador” funded by the Technique University of Manabí, Ecuador.

Conflict of interest. The authors have no conflict of interest to declare.

Compliance with ethical standards. Do not apply.

Data availability. Data is available with Walter F. Vivas-Arturo, walter.vivas@utm.edu.ec upon reasonable request.

REFERENCIAS

- Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L. and Angulo-Arizala, J., 2020. Perfil nutricional y productivo de especies arbustivas en trópico bajo, Antioquia (Colombia). *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), pp.1–20.
- Ayeni, A.O., Lordbanjou, D.T. and Majek, B.A., 1997. *Tithonia diversifolia* (Mexican sunflower) in south-western Nigeria: Occurrence and growth habit. *Weed Research*, 37(6), pp.443–449.
- Ayesa, S.A., Chukwuka, K.S. and Odeyemi, O.O., 2018. Tolerance of *Tithonia diversifolia* and *Chromolaena odorata* in heavy metal simulated-polluted soils and three selected dumpsites. *Toxicology Reports*, [online] 5(November), pp.1134–1139. Available at: <<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.11.007>>.
- Bartlett, M.S., 1937. Properties of sufficiency and statistical test. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A-Mathematical and Physical Sciences*, 160(901), pp.268–282.
- Bioweb, 2020. *Geografía y clima del Ecuador*. [online] Geografía y clima del Ecuador. Available at: <<https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>> [Accessed 22 May 2021].
- Botero-Londoño, J.M., Carabalí, A.G. and Botero-Londoño, M.A., 2019. Yield, agronomic parameters and nutritional quality of *Tithonia diversifolia* in response to different fertilization levels. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 10(3), pp.789–800.
- Cartaya, S., Zurita, S. and Montalvo, V., 2016. Métodos de ajuste y homogenización de datos climáticos para determinar índice de humedad de Lang en la provincia de Manabí,

- Ecuador. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, (16), p.94.
- Castillo-Mestre, R., Betancourt-Bagué, T. and Iglesias-Gómez, O.C.T.-P.J.M., 2016. Influencia de diferentes marcos de plantación en el establecimiento y la producción de *Tithonia diversifolia*. *Pastos y Forrajes*, 39(2), pp.89–93.
- Chagas-Paula, D.A., Oliveira, R.B., Rocha, B.A. and Da Costa, F.B., 2012. Ethnobotany, chemistry, and biological activities of the genus *Tithonia* (Asteraceae). *Chemistry and Biodiversity*, 9(2), pp.210–235.
- Crespo, G., Ruíz, T. and Álvarez, J., 2011. Efecto del abono verde de *Tithonia* (*T. diversifolia*) en el establecimiento y producción de forraje de *P. purpureum* vc. Cuba CT-169 y en algunas propiedades del suelo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(1), pp.79–82.
- Dai, G., Wang, S., Geng, Y., Dawazhaxi, Ou, X. and Zhang, Z., 2021. Potential risks of *Tithonia diversifolia* in Yunnan Province under climate change. *Ecological Research*, 36(1), pp.129–144.
- ESPAC-INEC, 2019. *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC, 2019*. [online] Quito. Available at: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Boletin_Tecnico_ESPAC_2019.pdf>.
- Ferreira-Calsavara, L.H., Sadin-Ribeiro, R., Silveira, S.R., Delarota, G., Storino-Freitas, D., Sacramento, J.P., Campos-Paciullo, D.S.C. and Maurício, R.M., 2016. Potential of *Tithonia diversifolia* as source of forage for ruminants. *Livestock Research for Rural Development*, [online] 28(2). Available at: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84956683164%7B%7DpartnerID=40%7B%7Dmd5=0f01fe3a5f0aaa1c6b1870b323af567c>>.
- GBIF, 2021. *Global Biodiversity Information Facility*. [online] v. Available at: <<https://www.gbif.org/occurrence/download/0151932-200613084148143>> [Accessed 9 Jan. 2021].
- Guatusmal-Gelpud, C., Escobar-Pachajoa, L.D., Meneses-Buitrago, D.H., Cardona-Iglesias, J.L. and Castro-Rincón, E., 2020. Production and quality of *Tithonia diversifolia* and *Sambucus nigra* high andean colombian tropic. *Agronomy Mesoamerican*, 31(1), pp.193–208.
- Holdridge, L., 1967. *Life zone ecology*. Tropical S ed. San José: Tropical Science Center.
- Holguín Castaño, V., Ortiz Grisalez, S., Velasco Navia, A. and Mora Delgado, J., 2015. Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray en Candelaria, Valle del Cauca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 62(2).
- IGAC, 2006. *Métodos analíticos del laboratorio de suelos*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Kaiser, H.F., 1974. An index of factor simplicity. *Psychometrika*, 39(1), pp.31–36.
- Kandungu, J., Ajarwalla, P., Mwaura, L., Ofori, D., Jamnadass, P., Stevenson, P. and Smith, P., 2013. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Available at: <<http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/LE13125.pdf>>.
- Kato-Noguchi, H., 2020. Involvement of allelopathy in the invasive potential of *Tithonia diversifolia*. *Plants*, 9(6), pp.1–9.
- Keuls, M., 1952. The use of the ‘studentized range’ in connection with an analysis of variance. *Euphytica*, 1(2), pp.112–122.
- Luis Alberto Gallego-Castro, Liliana Mahecha-Ledesma, J.A.-A., 2014. POTENCIAL FORRAJERO DE *Tithonia diversifolia* Hemsl. A. Gray. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), pp.393–403.
- Mabou Tagne, A., Marino, F. and Cosentino, M., 2018. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray as a medicinal plant: A comprehensive review of its ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacotoxicology and clinical relevance. *Journal of Ethnopharmacology*, [online] 220, pp.94–116. Available at: <<https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.03.025>>.
- Morales, E., 2000. Estimating phylogenetic inertia in *Tithonia* (Asteraceae): A comparative approach. *Evolution*, 54(2), pp.475–484.
- Muoghalu, J.I., 2008. Growth, reproduction and resource allocation of *Tithonia diversifolia* and *Tithonia rotundifolia*. *Weed Research*, 48(2), pp.157–162.
- Navas-Panadero, A. and Montaña, V., 2019. Performance of *Tithonia diversifolia* under tropical humid forest conditions. *Revista de*

- Investigaciones Veterinarias del Peru*, 30(2), pp.721–732.
- Ojeniyi, S.O., Odedina, S.A. and Agbede, T.M., 2012. Soil productivity improving attributes of Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) and siam weed (*Chromolaena odorata*). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(3), pp.243–247.
- Pourrut, P., 1983. Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos. *Centro Ecuatoriano de Investigaciones Geográficas*, [online] pp.7–41. Available at: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/vers11-10/21848.pdf>.
- Ramírez-Rivera, U., Sanginés-García, J.R., Escobedo-Mex, J.G., Cen-Chuc, F., Rivera-Lorca, J.A. and 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), pp.295–302.
- Reis, M.M., Santos, L.D.T., Pegoraro, R.F., Santos, M. V., Colen, F., Montes, W.G., Moura Jr., R.R., Cruz, L.R. da and Oliveira, F.G., 2018. Productive and Nutritional Aspects of *Tithonia diversifolia* Fertilized With Biofertilizer and Irrigated. *Journal of Agricultural Science*, 10(11), p.367.
- Riascos-Vallejos, A., Reyes-González, J. and Aguirre-Mendoza, L., 2020. Nutritional characterization of trees from the Amazonian piedmont, Putumayo department, Colombia. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(2), pp.257–265.
- Ruiz, T.E., Febles, G., Achan, G., Díaz, H. and González, J., 2018. Capacidad germinativa de semilla gámica de materiales colectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-occidental de Cuba. *Livestock Research for Rural Development*, [online] 30(5). Available at: <<http://www.lrrd.org/lrrd30/5/ruiz30081.htm>>.
- Ruiz, T.E., Febles, G., Díaz, H., González, J. and Achan, G., 2013. Assessment in grazing of plant materials of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) collected in Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 47(3), pp.305–309.
- Ruiz, T.E., Torres, V., Febles, G., Díaz, H. and González, J., 2012. Use of modeling for studying the growth of *Tithonia diversifolia* collection 17. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(3), pp.243–247.
- dos Santos Silva, A.M., Santos, M. V., da Silva, L.D., dos Santos, J.B., Ferreira, E.A. and dos Santos Júnior, H.S., 2019. Morfofisiologia de *Tithonia diversifolia* sob adubação fosfatada em Latossolo Vermelho distrófico ou Neossolo Quartzarênico. *Livestock Research for Rural Development*, [online] 31(2), pp.1–10. Available at: <<http://www.lrrd.org/lrrd31/2/alex31015.html>>.
- dos Santos Silva, A.M., Santos, M.V., da Silva, L.D., dos Santos, J.B., Ferreira, E.A. and Santos, L.D.T., 2021. Effects of irrigation and nitrogen fertilization rates on yield, agronomic efficiency and morphophysiology in *Tithonia diversifolia*. *Agricultural Water Management*, 248(June 2020).
- SECS, S. ecuatoriana de la ciencia del S., 1986. *Mapa general de suelos del Ecuador. Escala 1:200.000 y 1:500.000*. Ecuador.
- Silva, A.M. dos S., da Silva, L.D., da Cruz, P.J.R., Santos, M.V., de Souza, C.M.P., de Melo Farnesi, M.M. and Gandini, E.M.M., 2018. *Production and nutritional value of Tithonia diversifolia in establishment period*. *Livestock Research for Rural Development*, .
- Taiz, L. and Zeiger, E., 2006. *Fisiología vegetal I*. III ed. Sunderland.
- Tellez-Sanabria, A., Mendoza-Brand and Ramón, A., 2014. *Comportamiento productivo de Tithonia diversifolia en bancos forrajeros , bajo condiciones de suelos de Piedemonte Llanero*. [online] Universidad de La Salle. Available at: <<https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/266>>.
- Torres, V., Martínez, R.O. and Noda, A., 1993. Example for the application of multivariate techniques in different stages of the evaluation and screening of pasture species. 1. Principal componentes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 27(2), pp.131–135.
- Torres, Y.G., García, A., Rivas, J., Perea, J., Angón, E. and de Pablos-Heredero, C., 2015. Caracterización socioeconómica y productiva de las granjas de doble propósito orientadas a la producción de leche en una región tropical de Ecuador. Caso de la provincia de Manabí. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*, 25(4), pp.330–337.
- Ul-Allah, S., Khan, A.A., Fricke, T., Buerkert, A. and Wachendorf, M., 2015. Effect of fertiliser and irrigation on forage yield and irrigation

- water use efficiency in semi-arid regions of Pakistan. *Experimental Agriculture*, 51(4), pp.485–500.
- Xiao, Y., Zhang, J., Jia, T.T., Pang, X.P. and Guo, Z.G., 2015. Effects of alternate furrow irrigation on the biomass and quality of alfalfa (*Medicago sativa*). *Agricultural Water Management*, [online] 161, pp.147–154. Available at: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.018>>.
- Zhao, L., Hu, Z., Li, S., Zhang, L., Yu, P., Zhang, J., Zheng, X., Rahman, S. and Zhang, Z., 2020. Tagitinin A from *Tithonia diversifolia* provides resistance to tomato spotted wilt orthospovirus by inducing systemic resistance. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, [online] 169(July), p.104654. Available at: <<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104654>>.