

Nota Técnica

Caracterización morfo-productiva de materiales de *Tithonia diversifolia* recolectados en el estado de Chiapas, México

Morpho-productive characterization of Tithonia diversifolia accessions collected in the state of Chiapas, Mexico

JATNEL ALONSO LAZO¹, REYNOL GRAJALES ZEPEDA², ROQUE HERNANDEZ LOPEZ², LORENZO PERES SOTO², LAZARO CASTRO HERNANDEZ¹ Y MARIA ERENDIDA REYES GRACIA²

¹Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

²Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Autónoma de Chiapas, México. veterinaria.unach.mx

Resumen

Tithonia diversifolia se ha difundido en los sistemas de producción animal en América Latina, pero las investigaciones muestran que existe gran variabilidad genética entre los materiales silvestres recolectados. El objetivo de este trabajo fue caracterizar morfológica y productivamente materiales de *T. diversifolia* recolectados en el noreste del estado Chiapas (México). Las recolectas incluyeron semillas y esquejes. Con las semillas se realizó un bioensayo de germinación y con los esquejes un experimento en campo con evaluaciones a los 90, 120 y 150 días de crecimiento. En ambos casos se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 3 y 13 repeticiones, respectivamente. Se recolectaron 34 materiales y se georreferenciaron las localidades de su procedencia. Doce presentaron semillas al momento de la recolecta. Todas las semillas mostraron capacidad germinativa. El mayor porcentaje de germinación (32.7 %) lo alcanzó el material # 32 mientras que el # 33 mostró el menor valor (0.7 %). El 50 % de los materiales recolectados tuvieron un índice de velocidad de emergencia (IVE) superior a 0.5, pero 5 no se reprodujeron en campo. Los materiales # 24 y 29 alcanzaron mayor altura y número de hojas por planta. El grupo con mayor producción de materia verde por planta (10.29 kg) estuvo conformado por los materiales # 14 y # 24. Las variables morfológicas y productivas posibilitaron conformar 3 grupos de materiales vegetales los cuales se pueden introducir en diferentes alternativas para la producción animal en el estado de Chiapas (México).

Palabras clave: Capacidad germinativa, germoplasma, producción de biomasa, sistemas silvopastoriles, valuación.

Abstract

Tithonia diversifolia is widespread in animal production systems in Latin America; however, research results show high genetic variability among collected wild materials. The objective of this work was to characterize materials of *T. diversifolia* collected in the northeast of Chiapas (Mexico), in terms of morphology and production. The collections included seeds and cuttings. A germination bioassay was conducted with the seeds, and a field experiment run with the cuttings was evaluated at 90, 120 and 150 days of growth. In both cases, a completely randomized design with 3 and 13 repetitions, respectively, was used. Thirty-four materials were collected, and their localities of origin were georeferenced. Twelve materials had seeds at the time of collection. All seeds showed germination capacity. Material # 32 achieved the highest germination (32.7 %), while # 33 had the lowest value (0.7 %). Fifty percent of the materials had an emergence speed index (IVE) greater than 0.5; however, 5 of the materials did not reproduce in the field. Materials # 24 and # 29 were the tallest and had the highest number of leaves per plant. The group with the highest production of green matter/plant (10.29 kg) included materials # 14 and # 24. Morphological and production variables were used to

Correspondencia: Jatnel Alonso Lazo, Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
Correo electrónico: jatnelalonso72@gmail.com

identify 3 groups of materials which could be used in different animal production system options in Chiapas (Mexico).

Keywords: Evaluation, germplasm, seed germination capacity, biomass production, silvopastoral systems

Introducción

Las condiciones ecológicas del trópico favorecen el desarrollo pecuario al implementar tecnologías de producción basadas en el uso de la biodiversidad presente en la región. Dentro de estas tecnologías, los sistemas silvopastoriles intensivos con árboles y arbustos forrajeros tienen un potencial alto.

En América Latina, el uso de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en estos sistemas ha permitido lograr una mayor cantidad y calidad de biomasa forrajera (Alonso y Ruiz 2017), incrementos en la producción animal (Ribeiro et al. 2017) y ha contribuido a disminuir los efectos negativos de la producción pecuaria sobre el medio ambiente (Rivera et al. 2016).

T. diversifolia es una planta de la familia Asteraceae originaria de México y Centroamérica (Santos-Gally et al. 2020), pero que se encuentra distribuida ampliamente en toda Latino América y el Caribe (Murgueitio 2022). Los estudios genéticos realizados en la especie muestran una amplia diversidad genética en materiales silvestres (Del Val et al. 2017; Rivera et al. 2019), lo cual confiere un alto potencial adaptativo para las poblaciones de la especie. Su variabilidad se refleja al evaluar agrónomicamente materiales vegetales recolectados en diversas condiciones agroclimáticas (Ruiz et al. 2017; Rodríguez et al. 2019), por lo que Holguín et al. (2015) sugieren la necesidad de identificar, caracterizar y seleccionar materiales con mayor capacidad adaptativa, reproductiva y productiva dentro de la especie, como base para optimizar su uso en los sistemas de producción animal.

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización morfo-productiva de materiales de *T. diversifolia* recolectados en el estado Chiapas (México).

Materiales y Métodos

Localización del área de estudio: El trabajo se desarrolló en las praderas experimentales y demostrativas de la Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa de la Universidad Autónoma de Chiapas, localizada en el km 4.5 de la carretera Copainalá- Tecpatán entre los 17°04'48.6" N, 93°13'30.1" O, a 450 msnm. (INEGI 2022). La localización de los sitios donde se realizaron

las recolectas se presenta en la Figura 1, y detalles de estos y de los materiales recolectados se describen en el Cuadro 1.

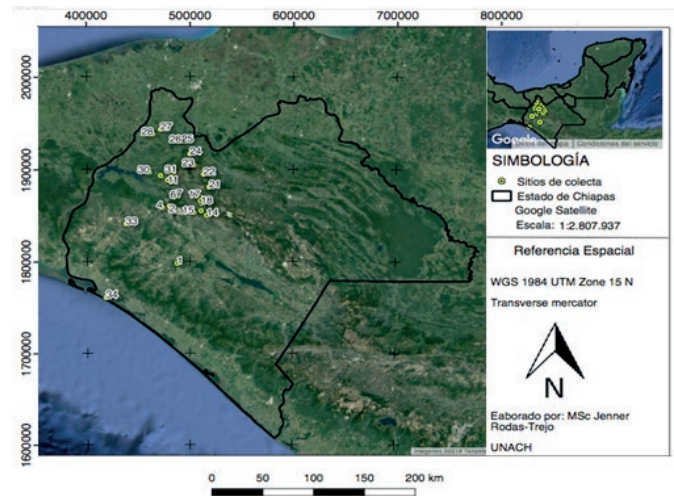


Figura 1. Mapa con los sitios de recolecta de los materiales de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Chiapas, México.

Procedimiento para las recolectas: Las recolectas se efectuaron entre el 13 y el 21 de noviembre de 2015 y tuvieron en cuenta elementos básicos sugeridos en la metodología propuesta por Machado et al. (1999) para la recolecta, conservación y caracterización de especies herbáceas, arbóreas y arbustivas útiles para la ganadería y las establecidas por Toral et al. (2015) para la prospección y recolecta de especies de interés para la ganadería en dos provincias cubanas. Ambos métodos de recolecta se aplicaron en la región noreste del estado Chiapas donde existe amplia variabilidad de los ecosistemas. Además, esta abarcó el municipio de Tonalá en la región más suroriental de la zona costera. Cada punto de recolecta fue georreferenciado mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Se utilizó el método de recolecta individual y se estableció una distancia mínima de 20 km entre una recolecta y otra, o cuando los cambios edafoclimáticos de la región fueron contrastantes. Se cortaron varios tallos de todos los materiales recolectados para la obtención de material vegetativo. Donde hubo presencia de cabezuela con brácteas y pedúnculos secos de color marrón, según los criterios de Uribe et al. (2017) y Padilla et al. (2018), ésta también fue recolectada para la obtención de semilla.

Cuadro 1. Características generales de los lugares de recolecta y estado fenológico de las plantas colectadas.

Lugar	Altitud (msnm)	Descripción de las condiciones de lugar y estado fenológico de las plantas recolectadas
1	751	Ladera, abundante población, con algunas flores, sin semillas
2	869	Terreno ondulado, tallo oscuro y resistente al corte, con pocas flores
3	*	Planta en barranco, con abundantes hojas sin la presencia de flores
4	656	Terreno plano sobre piedra, porte muy bajo, con flores pequeñas y abundantes, sin semillas
5	*	Suelo de color amarillo, tallo duro resistente al corte de color morado, con pocas flores y sin semillas
6	*	Basurero con suelo de color pardo, tallo robusto, pocas flores y sin semillas
7	815	Ladera del río entre matorrales, tallo robusto, floración normal, sin semillas
8	776	Ladera sobre suelo oscuro, tallo muy grueso, robusto y con vellosidades, hojas diferentes, abundante población, muchas flores sin semillas
9	629	En cerca, tallo robusto
10	609	Suelo artificial arenoso, tallo muy largo y robusto
11	351	Rivera de río, zona baja, tallo grueso, florecido
12	928	Ladera, en basurero, muy florecido, hojas grandes, cabezuela grande. Se recolectaron semillas
13	633	Suelo pedregoso, inicio de floración, pétalo dividido, tallo duro
14	500	Suelo arenoso, pocas y pequeñas hojas
15	703	Porte medio, muy dura y resistente al corte
16	1,130	Suelo pedregoso, flor grande, poco resistente al corte
17	*	Suelo con alto contenido de MO, porte alto
18	1,099	Tallo bajo, amacollado y muy duro. Se recolectaron semilla
19	1,270	Tallo delgado
20	1,139	Estercolero de equino, flor pequeña
21	1,569	Ladera, excesiva humedad, hojas muy grandes
22	1,531	Tallo muy grueso, poca flor
23	1,929	Abundante follaje, porte bajo y poca flor, botón bien desarrollado. Se recolectaron semillas
24	362	Ladera de montaña, mucha semilla. Se recolectaron semillas
25	215	Basurero con materiales orgánicos, hojas grandes, flor pequeña. Se recolectaron semillas
26	31	Hojas grandes, pocas flores
27	102	Suelo negro muy húmedo, finalizando floración. Se recolectaron semillas
28	167	Tallo duro, flor pequeña con semilla. Se recolectaron semillas
29	640	Abundante biomasa, tallo fino, hojas pequeñas, flor normal
30	534	Suelo rojo, porte alto, hojas anchas, poca flor. Se recolectaron semillas
31	1,716	Suelo rojo arcilloso, tallo alto, delgado y resistente al corte, poca hoja, floración abundante. Se recolectaron semillas
32	924	Creciendo entre material de construcción (grava), hojas anchas, muy florecidas, botón desarrollado. Se recolectaron semilla
33	525	Abundantes flores pequeñas de color amarillo-naranja, resistente al corte, semillas secas. Se recolectaron semillas
34	7	Poca población, tallo grueso, semillas en ramas podadas. Se recolectaron semillas

* Altitudes no reportadas porque las condiciones de sitio no permitieron el uso de GPS.

Los materiales se identificaron numéricamente de manera sucesiva y en el momento de la recolecta se realizó una breve descripción del lugar y del estado fenológico en que se encontraba la planta recolectada.

Los tallos recolectados se mantuvieron húmedos para evitar su desecación durante el periodo de la recolecta y las cabezuelas recolectadas se colocaron en bolsas de nylon debidamente selladas. Se realizaron 3

días de recolectas y después de cada una de ellas, los materiales se trasladaron a la parcela experimental de la Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa donde el material vegetativo fue plantado en campo. Por otro lado, las cabezuelas se colocaron en una caja de cartón dividida por celdas identificadas y limitadas para evitar su contaminación. Estas se secaron al sol hasta que los aquenios se desprendieran fácilmente para la obtención de la semilla.

Plantación y diseño de las parcelas experimentales: Se utilizó un área total de 900 m² sobre un suelo perteneciente al grupo de los Leptosoles ([Semarnat 2006](#)); el cual era franco arcilloso, pedregoso, con pH neutro, textura media, libre de salinidad y con alto contenido de materia orgánica. La parcela se cortó de manera manual y posteriormente, se retiraron todas las piedras y los residuos vegetales. Antes de la plantación de los materiales recolectados y durante toda la investigación, el área se limpió con azadón para evitar competencia con otras plantas.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con 13 repeticiones y para la plantación se utilizaron estacas semileñosas de 40 cm de largo, obtenidas de la parte central de los tallos recolectados siguiendo las recomendaciones de Lourenco et al. ([2015](#)). Las estacas se establecieron en surcos de 5 m de largo, en forma manual, enterrando la parte basal de la estaca hasta 10 cm de profundidad. La distancia entre surcos fue de 3 m y la distancia entre planta de 40 cm, para un área experimental de 15 m² por parcela. Finalizada la plantación se aplicó 20 l de agua por surco, en forma manual. Este procedimiento se repitió cada 3 días durante los primeros 30 días después de la plantación.

Con las semillas se realizó un bio-ensayo de germinación en placas de Petri bajo condiciones de laboratorio, usando igualmente un diseño completamente aleatorizado, pero con 3 repeticiones. Como sustrato se empleó la capa superficial de un Leptosol ([Semarnat](#)

[2006](#)), la cual se pasó por un tamiz de 5 mm y fue esterilizada durante 72 horas a 65 °C en una estufa Boxun (Shanghai Boxun Industry & Commerce Co., Ltd, China) de circulación de aire forzado. En cada placa se colocaron 50 semillas y el sustrato siempre se mantuvo a capacidad de campo realizando dos riegos al día con aspersor manual.

Indicadores, métodos y frecuencia de muestreo: En la prueba de germinación después de la siembra y durante 30 días se evaluó el índice de velocidad de emergencia (IVE) según la metodología propuesta por Maguire ([1962](#)), utilizando la fórmula: $IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$ donde: *E1, E2...*En es el número de plantas emergidas en el primer, segundo y hasta el último conteo y *N1, N2...Nn* es el número de días desde la siembra al primer, segundo y hasta el último conteo. Además, 30 días después de la siembra se calculó el porcentaje de germinación.

En el trabajo desarrollado en campo se adaptó la metodología de Maguire ([1962](#)) para evaluar el índice de velocidad de brotación (IVB) de las estacas plantadas durante 30 días después de la plantación. Para la estimación del IVB se utilizó un procedimiento similar al descrito para el cálculo del IVE.

La caracterización morfológica y productiva en las condiciones de campo se inició 90 días después de la plantación y se realizó con una frecuencia de 30 días hasta los 150 días de crecimiento. El promedio para las variables climáticas de la zona se presenta en el Cuadro 2, evidenciando que esta investigación se desarrolló en el periodo de temperaturas más bajas y con menor precipitación. Los indicadores determinados en cada planta de la unidad experimental fueron la altura de la planta (m) con el empleo de una regla graduada midiendo desde el suelo hasta el ápice de la planta, el diámetro del tallo (cm) con el uso de un pie de rey a la altura de 20 cm del suelo, el número de rebrotes por planta y el número de hojas por planta, estos dos últimos a través de conteos.

Cuadro 2. Comportamiento promedio de variables meteorológicas en la región de Copainalá. (Estación: 00007027, Municipio Copainalá, Chiapas, México)

Variables	Meses											
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov*	Dic*	Ene*	Feb*	Mar*
Precipitaciones, mm	11.3	57.3	157.6	139.9	125.6	169.5	136.5	76.2	42.8	29.0	17.3	14.4
Días con Lluvias, #	7	14	22	28	28	25	16	8	4	4	5	7
Temperatura Máxima, °C	23.0	24.8	23.1	26.1	26.1	24.0	23.1	21.7	21.8	21.5	23.8	22.9
Temperatura Mínima, °C	12.5	12.1	11.4	12.6	10.8	11.7	9.3	8.0	5.8	7.8	7.3	10.5
Temperatura media mensual, °C	18.4	18.9	18.8	20.9	21.3	19.4	18.2	15.3	14.8	14.7	16.8	19.1

*Meses sombreados corresponden al periodo experimental.

A los 150 días de crecimiento post-siembra, y considerando este como el periodo de establecimiento, las plantas se cortaron a 40 cm de altura y se determinó en campo el peso verde total de hojas y de tallos usando una báscula digital portátil, y con base en estos se estimó el rendimiento de materia verde (MV) por hectárea.

Procesamiento estadístico: Los datos fueron sometidos a la prueba de normalidad ([Shapiro y Wilk 1965](#)) y homogeneidad ([Levene 1960](#)) y luego a análisis de varianza (ANOVA). El porcentaje de germinación se transformó usando $\sqrt{(\%)}$. En los casos que ameritó comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan ([1955](#)). Además, para agrupar aquellos materiales con características similares en términos velocidad de emergencia (IVE) y velocidad de brotación (IVB), así como para los porcentajes de germinación, brotación y las variables altura de planta, número de hojas, número de rebrotes y rendimiento de MV por planta, se aplicó análisis de conglomerados. Para la conformación de los grupos se utilizó la distancia Euclidiana con valor igual a uno. En todos los casos, para el procesamiento de la información se empleó el programa estadístico InfoStat 12.0 ([Di Rienzo et al. 2001](#)).

Resultados

Germinación

Todos los materiales evaluados presentaron capacidad germinativa (Cuadro 3). El mayor valor de germinación (32.7%) lo alcanzó el material #32, mientras que el #33 obtuvo el menor (0.7%). El resto de los materiales con semillas botánicas presentaron valores entre 1.3 y 24.7%. Los materiales con germinación más baja (# 12, 34 y 33) no difirieron entre sí ($P < 0.01$). Los materiales # 32, 30, 24, 31 y 23 tuvieron un índice de velocidad de emergencia superior a 0.8 y no mostraron diferencias entre ellos (Cuadro 3). Este índice para el material #18 fue de 0.59, y aunque no difirió de los mencionados anteriormente, fue similar al resto de los materiales con valores entre 0.02 y 0.45.

El análisis de conglomerados aplicado a ambos indicadores mostró que los materiales se agruparon en dos conjuntos (Fig. 2). Los materiales # 32, 31, 30, 24 y 23 conformaron el grupo con mayor índice de velocidad de emergencia (0.98 ± 0.09) mientras que para el porcentaje de germinación el grupo con mayores valores ($25.12 \pm 2.82 \%$) estuvo conformado por los materiales antes citados más el # 18. El resto de los materiales se ubicaron en un segundo grupo con valores 0.28 ± 0.18 y

6.89 ± 4.44 para el índice de emergencia y porcentaje de germinación, respectivamente.

Cuadro 3. Germinación (%) e índice de velocidad de emergencia (IVE) en semillas de materiales de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray recolectados en el estado de Chiapas (México).

No de Material	Germinación, %	IVE
32	32.7 ^{a*}	1.21 ^{a*}
30	24.7 ^{ab}	0.94 ^{ab}
24	22.0 ^{ab}	0.93 ^{ab}
31	24.0 ^{ab}	0.92 ^{ab}
23	26.0 ^{ab}	0.89 ^{ab}
18	21.3 ^{ab}	0.59 ^{abc}
25	11.3 ^{abc}	0.45 ^{bc}
27	13.3 ^{ab}	0.36 ^{bc}
28	9.3 ^{abc}	0.33 ^{bc}
12	5.3 ^{bcd}	0.15 ^c
34	1.3 ^{cd}	0.04 ^c
33	0.7 ^d	0.02 ^c
EE±	0.79	0.20
Valor P (\geq)	0.0021	0.0023

*a,b,c,d Medias con diferentes superíndices en la misma columna difieren $P < 0.01$ ([Duncan 1955](#)). EE: Error estándar

La evaluación en campo mostró que sólo 5 de los materiales recolectados (1, 3, 4, 8 y 33) no se reprodujeron (Fig. 3). De los materiales viables, el 58.6% ($n=17$) tuvo una brotación mayor del 65% (Fig. 3A), el resto ($n=12$) se dividieron en dos grupos iguales con porcentajes de brotación entre 40 y 65% y menor de 40%. De igual manera, el índice de velocidad de brotación mostró diferencias en el tiempo con que los materiales brotaron (Fig. 3B); de los que brotaron, el 10.34% ($n=3$) tuvo un Índice de Velocidad de Brotación (IVB) entre 2 y 3, mientras que el 24.1% ($n=8$) alcanzó valores entre 1 y 2. En el resto de los materiales ($n=18$) este indicador no alcanzó la unidad.

Características Morfológicas

Las mediciones morfológicas mostraron un comportamiento variable en todos los momentos de muestreo y, de manera general, los materiales conformaron 3 grupos. En la Fig. 4 se muestra que los materiales # 2, 13, 16, 19, 22, 27, 28 y 34 siempre alcanzaron la menor altura, sin diferencias estadísticas entre ellos. Para este indicador, los materiales # 9, 12,

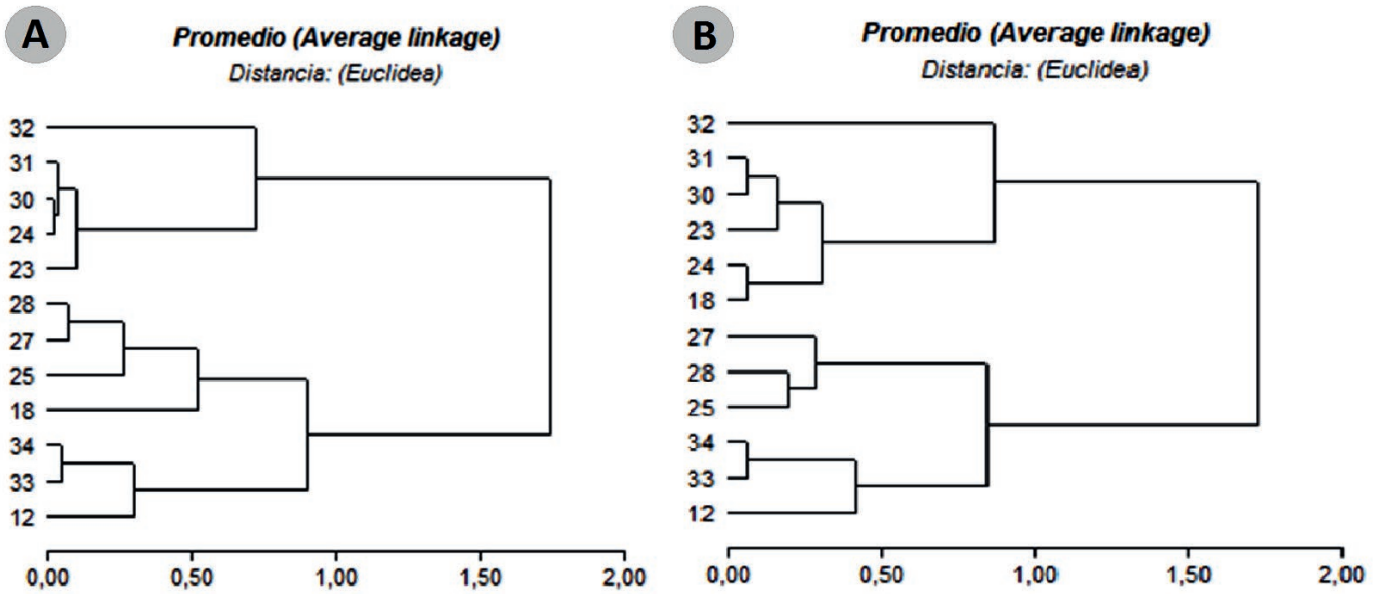


Figura 2: Agrupamientos de materiales de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray recolectadas en el estado de Chiapas (México), en función de la capacidad germinativa de sus semillas. (A) Índice de velocidad de emergencia y (B) porcentaje de germinación.

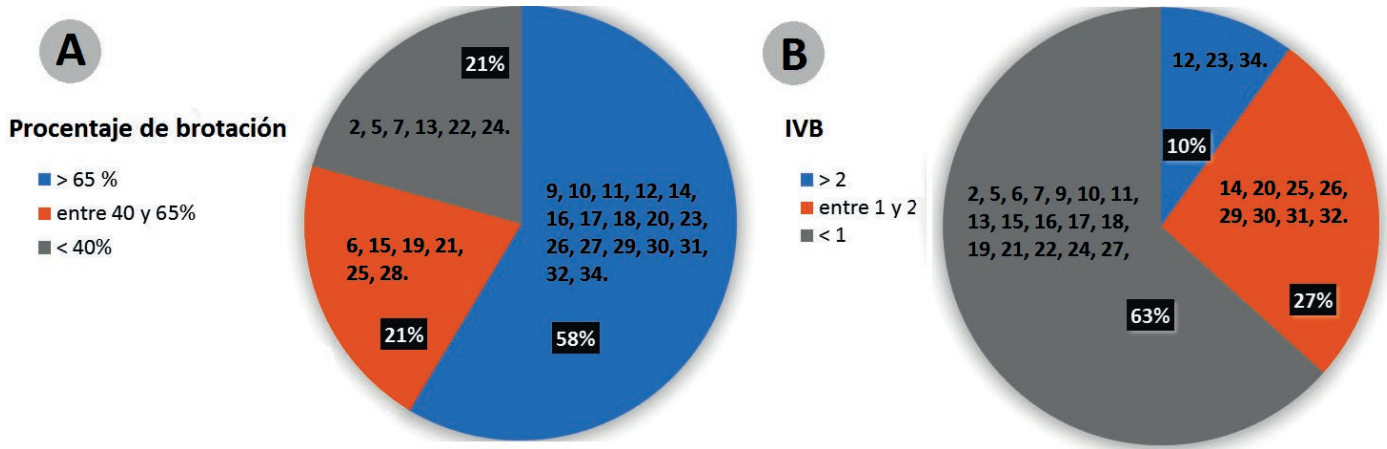


Figura 3: Capacidad reproductiva de materiales de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray recolectadas en el estado de Chiapas (México). A: Porcentaje de Brotación; B: Índice de Velocidad de Brotación).

14, 26, 30 y 32 tuvieron un comportamiento intermedio y mostraron diferencias entre ellos a los 120 días de crecimiento. Los materiales # 29 y 24 fueron los de mayor altura y a los 150 días de crecimiento, pero no fueron diferentes ($P < 0.05$) de los materiales # 6, 7, 10, 11, 17, 20 y 23.

El número de rebrotes por planta varió entre 1 y 13 para los materiales estudiados y durante los primeros 120 días de crecimiento, el análisis de conglomerados permitió conformar 3 grupos para este indicador (Fig. 5); en cambio, a los 150 días se identificaron 4 grupos. El material # 34 siempre mostró los valores más altos para la cantidad de rebrotes (13, 12 y 12 rebrotes a los 90, 120 y 150 días de

crecimiento, respectivamente). En los primeros 90 días de crecimiento el material # 34 conformó un grupo con los materiales # 25 y 12, y a los 120 días solo con el material # 25. En el grupo con menor cantidad de rebrotes por planta siempre estuvieron los materiales # 2 y 30.

En todos los momentos de muestreo, el número de hojas por planta fue el indicador que mostró mayor variabilidad entre los materiales recolectados (Fig. 6). A los 90 días de crecimiento, este indicador permitió agrupar los materiales en 4 grupos; el material # 25 conformó el grupo de mayor número de hojas (con 95 hojas). A los 120 días de crecimiento, el mayor número de hojas correspondió a los materiales # 5, 6 y 24 y 11,

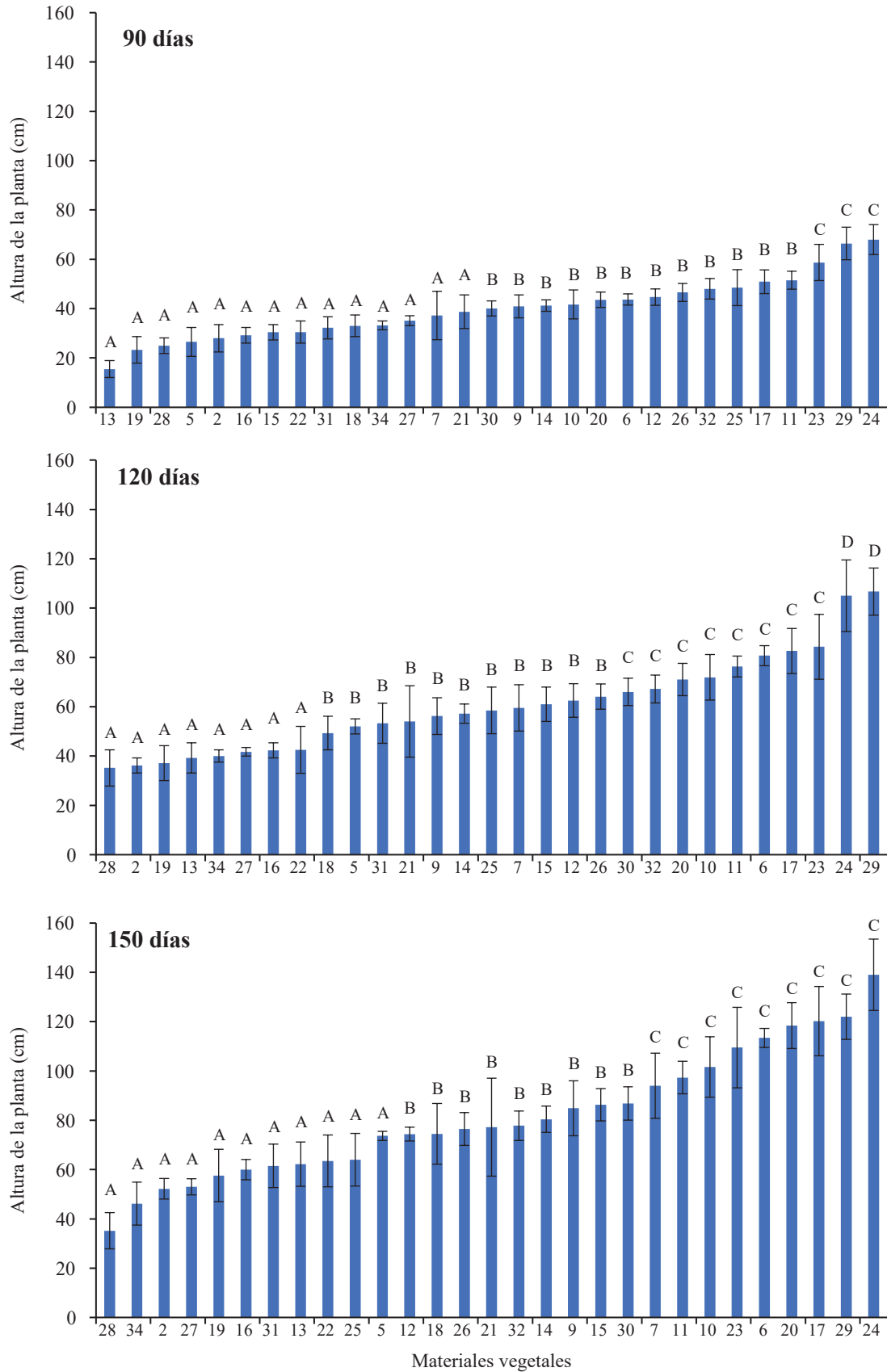


Figura 4. Altura (cm) de materiales de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray recolectadas en el estado Chiapas (México) a diferentes momentos de crecimiento.

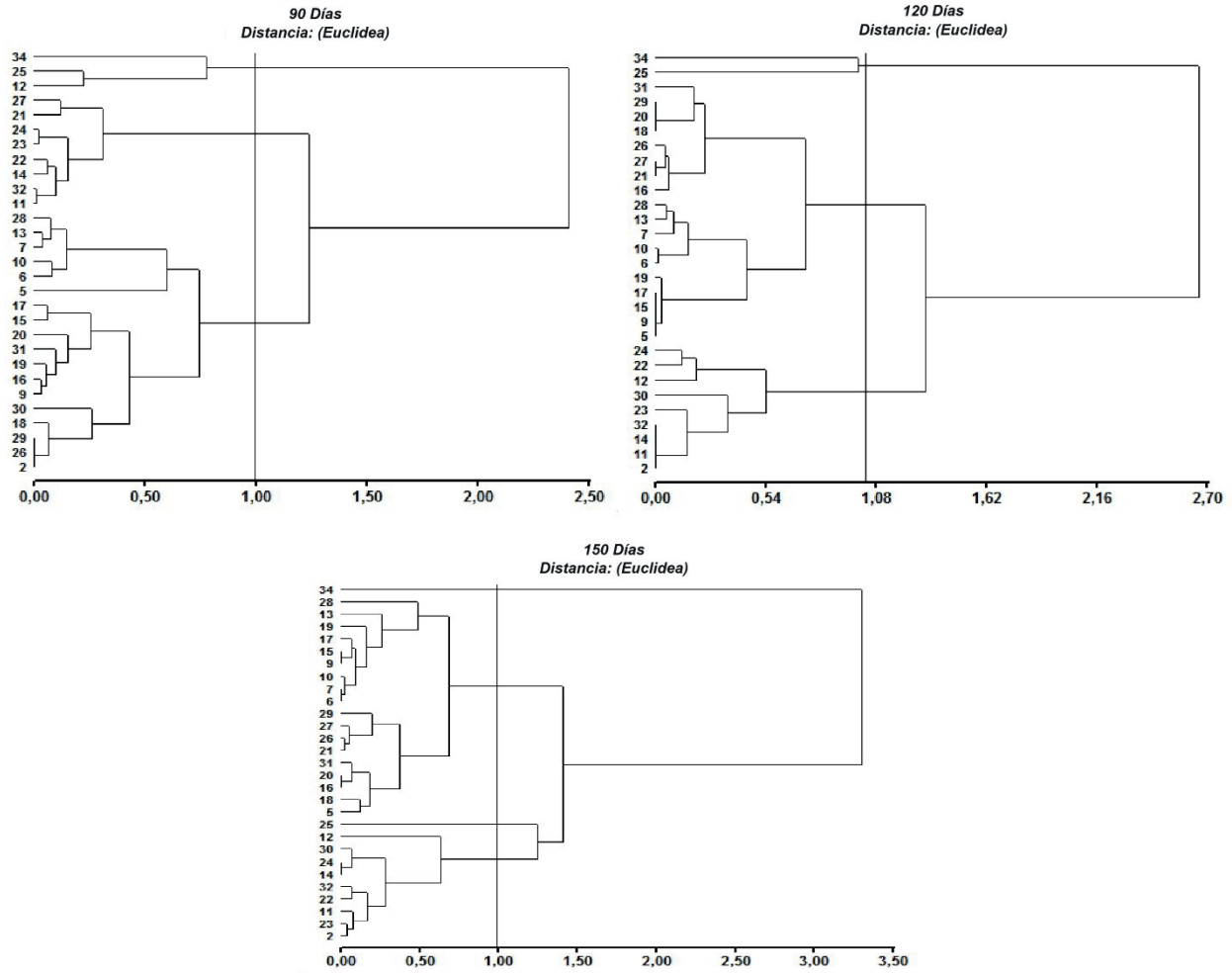


Figura 5. Agrupamiento de materiales vegetales de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray recolectados en el estado de Chiapas (México) en diferentes momentos después de la siembra, en función del número de rebrotes por planta.

14, 25 y 29 que conformaron dos grupos con valores promedio de 93.5 y 70.8 hojas, respectivamente. Los materiales antes mencionados también conformaron el grupo con mayor número de hojas (85.6 en promedio) a los 150 días de crecimiento.

En todos los materiales evaluados, la producción por

planta a los 150 días fue superior a 3.0 kg MV (Figura 7). Los materiales # 14 y 24 conformaron el grupo con mayor producción por planta (10.3 kg MV, en promedio), seguido por los materiales # 5 y 23 (con 7.3 kg MV en promedio). El resto conformó un tercer grupo con una producción promedio por planta de 3.1 kg MV.

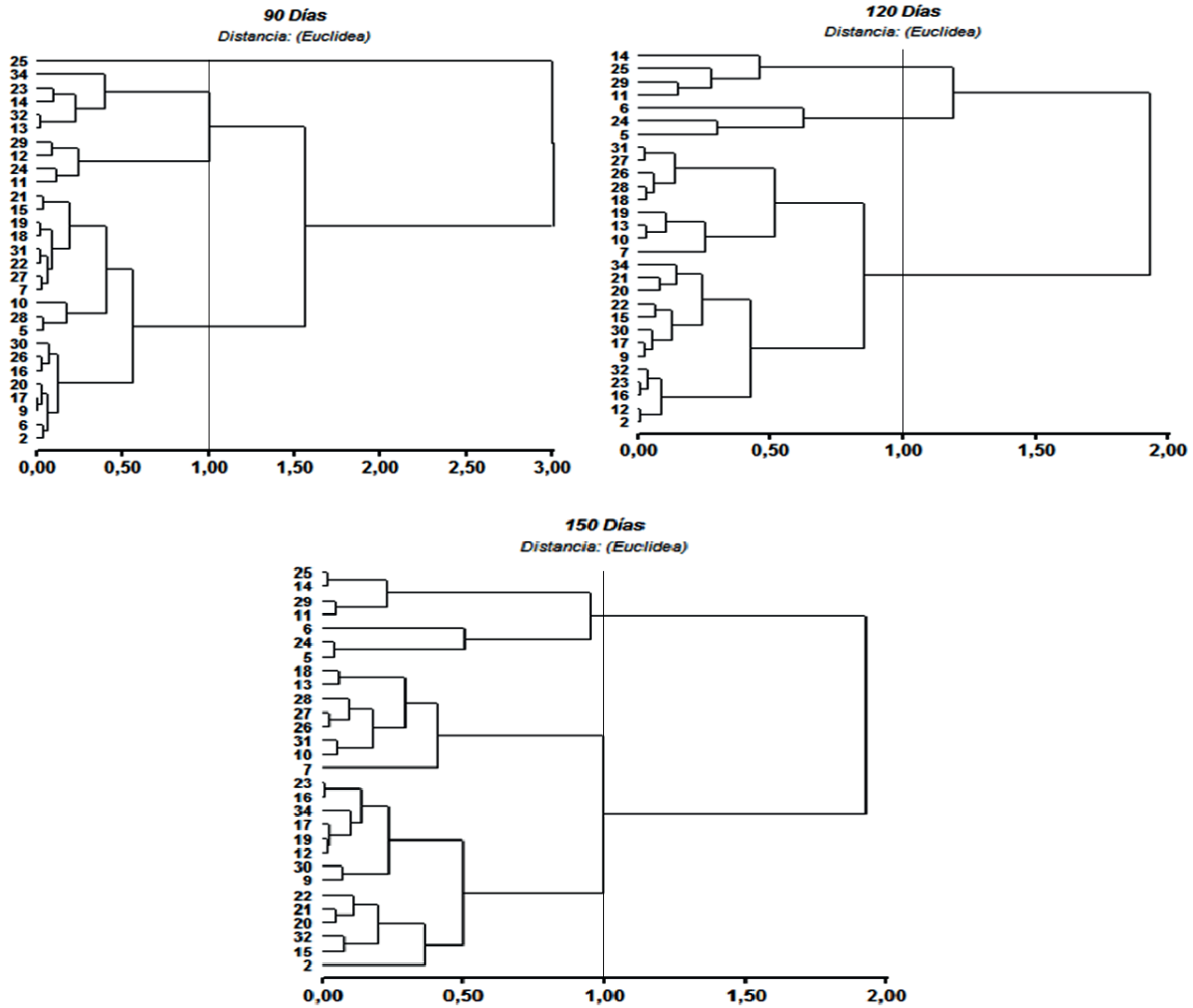


Figura 6. Agrupamiento de materiales de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray recolectados en el estado de Chiapas (México) en diferentes momentos después de la siembra, en función del número de hojas por planta.

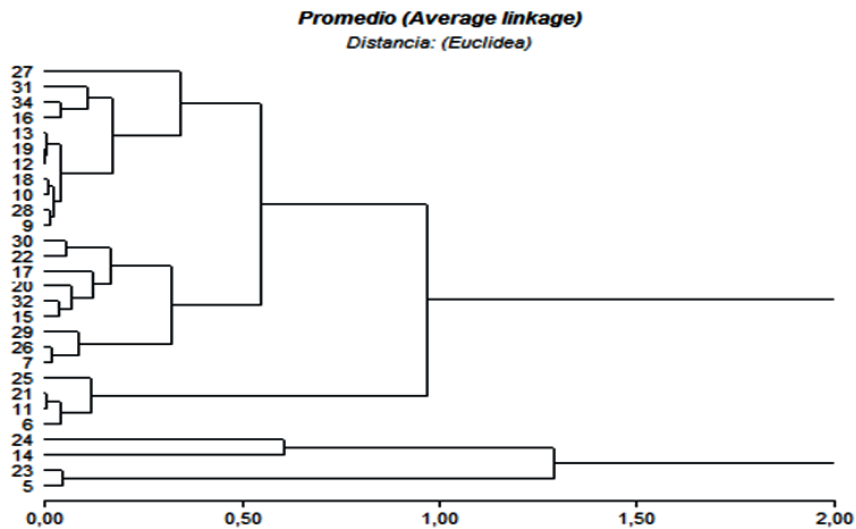


Figura 7. Agrupamiento de materiales vegetales de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray recolectados en el estado de Chiapas (México), en función del rendimiento (kg MV planta⁻¹) a los 150 días de crecimiento.

Discusión

Los porcentajes de germinación de las semillas de *T. diversifolia* encontrados en esta investigación son bajos, pero esta limitación es característica de la especie (Peters et al. 2003; González-Castillo et al. 2014); sin embargo, esto puede ser considerado como un atributo favorable para prevenir el comportamiento invasor de la planta cuando se utiliza como especie multipropósito en sistemas ganaderos (Inayat y Gordon 2009).

Al estudiar diferentes momentos de cosecha de la semilla en esta especie, Padilla et al. (2018) informaron porcentajes de germinación similares a los encontrados en este trabajo cuando cosecharon las cabezuelas con brácteas verdes y pétalos marchitos; sin embargo, en ese estudio también se observó que los porcentajes de germinación eran superiores si se cosechaba cuando las cabezuelas tenían las brácteas verdes y sin pétalos o con brácteas y pedúnculos secos.

El estado fenológico y la madurez fisiológica de la semilla al momento de la cosecha son determinantes del potencial de germinación, por lo que es necesario profundizar sobre la fisiología y estrategias reproductivas de esta especie para la obtención de semilla sexual viable (Saavedra 2016). Padilla et al. (2018) además plantearon que los trabajos deben profundizar el estudio de la inflorescencia y la formación del aquenio.

Trabajos desarrollados en Colombia (Mahecha y Angulo 2017; Uribe et al. 2017) han mostrado avances sobre el particular, definiendo diferentes estrategias para el establecimiento de parcelas para la producción de semilla sexual a mediana escala, como herramienta para la ampliación del uso de *T. diversifolia* en los sistemas pecuarios. Ellos señalaron que la siembra de semilla sexual directamente en campo favoreció el establecimiento de la especie.

Los resultados de los trabajos anteriormente citados reflejan que la germinación durante los primeros días postcosecha es aceptable, independientemente de las variaciones entre los materiales, tal como ocurrió en esta investigación. Dicha variación puede deberse a latencia fisiológica de semillas (Santos-Gally et al. 2019) o a irregularidades en su división meiótica (Alcorcés et al. 2007).

Los índices de velocidad de brotación alcanzados en este estudio indican el potencial de *T. diversifolia* para iniciar un proceso de crecimiento acelerado después de la plantación mediante el uso de riegos moderados durante el periodo poco lluvioso; característica que se busca en plantas forrajeras. Medina et al. (2009)

mencionan que cuanto más acelerado sea el desarrollo de la planta más pronto será la producción de forraje y así se evitan pérdidas económicas.

Los valores elevados de sobrevivencia y prendimiento de las estacas pudieran deberse al volumen radical y la habilidad especial para absorber y extraer los nutrientes del suelo, una característica propia de *T. diversifolia* (Mahecha y Rosales 2005), lo cual le permite un mayor anclaje en corto tiempo, que a su vez garantiza una excelente persistencia durante la fase de establecimiento.

El empleo de indicadores morfológicos y productivos en la evaluación de plantas con potencial para la producción animal constituye una herramienta que permite agruparlas para diferentes fines productivos. Investigaciones realizadas en el último decenio ofrecen resultados similares a los obtenidos en este trabajo y demuestran la gran adaptabilidad edafoclimática y alta producción de biomasa en materiales de *T. diversifolia* (Ribeiro et al. 2016), pero además reflejan la variabilidad existente en su capacidad de rebrote, desempeño agronómico, composición química y de adaptación, debido probablemente a la gran diversidad genética que presenta la especie (Luo et al. 2016; Gallego-Castro et al. 2017).

Aunque no abundan en la literatura estudios de diversidad genética en *T. diversifolia*, los que se dispone evidencian alta variabilidad intraespecífica. Investigaciones desarrolladas en México demostraron que el tamaño de los fragmentos de ADN variaba entre 170 hasta 1,450 pares de bases (pb), y se encontró gran variabilidad entre las 20 procedencias estudiadas (Del Val et al. 2017). Por su parte Yang et al. (2012), al estudiar esta especie en 4 localidades en China y 2 en Laos, encontraron valores medios de Nei de diversidad genética (H) y el índice de Shannon de diversidad (I) de 0.294 y 0.431, respectivamente; lo cual demuestra que existe una amplia diversidad intra materiales y entre poblaciones de *T. diversifolia*, lo cual sugiere un gran potencial de la especie para adaptarse a diversos ambientes.

Finalmente, los trabajos desarrollados por Ruiz et al. (2017) y Rivera (2020) reafirman que dentro de las variables morfológicas, la altura de planta, el número de rebrotes y el número de hojas por planta representan los atributos de mayor carga factorial y expresan el mayor porcentaje de la variabilidad encontrada cuando se realizó análisis de componentes principales, razón por la cual estas características pueden servir como parámetros de selección. Estos indicadores se relacionan directamente con la producción de biomasa, la cual según Gallego-Castro et al. (2017) puede variar entre 15 y 40 t/ha/año de MS bajo condiciones tropicales.

Conclusiones

Se corroboró la capacidad de adaptación de *T. diversifolia* a diferentes condiciones de ambiente y altitud en el estado de Chiapas, México.

Siete de los materiales evaluados se pueden propagar mediante semilla y esqueje; sin embargo, la variabilidad en tasa de germinación e índice de velocidad de emergencia evidencia la necesidad de profundizar los estudios sobre producción de semilla. La propagación vegetativa es la forma más común para el establecimiento de la especie, pues solo 5 de los materiales recolectados no consiguieron reproducirse por esta vía.

Las atributos morfológicos y productivos evidenciaron variabilidad entre los materiales y posibilitaron conformar tres grupos con características similares que pueden introducirse en diferentes alternativas para la producción animal.

El procedimiento de recolecta, evaluación y análisis estadístico empleado pueden constituir una herramienta válida en la evaluación de germoplasma de *T. diversifolia* con potencial para su uso en sistemas ganaderos.

Referencias

(Nota de los editores: Enlaces verificados el 15 de enero de 2024).

- Alcorcés N; Lárez A; Mayz, FJ. 2007. Additions to the cytogenetic knowledge of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.Gray (Asteraceae). *Acta Botánica Venezuelica* 30(2): 267–275. [jstor.org/stable/41740838](https://www.jstor.org/stable/41740838)
- Alonso J; Ruiz, TE. 2017. Implementación y uso de *Tithonia diversifolia* en sistemas de pastoreo. En: Chará J; Peri P; Rivera JE; Murgueitio E; Castaño K, eds. *Sistemas Silvopastoriles: Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible*. Actas del IX Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles, Cali, Colombia, Agosto de 2017. p. 488–490.
- Del Val Díaz R; Miranda JM; Flores MX; Solorio JM; Gómez JF González S. 2017. Diversidad genética de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray de Michoacán: Análisis con marcadores de ADN-SSR. *Reaxion: Ciencia y Tecnología Universitaria* 4(3):9–14. bit.ly/3HqFYcZ
- Di Rienzo J; Balzarini M; Casanoves F; Gonzalez L; Tablada M; Robledo, C. 2001. InfoStat: software estadístico. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11(1):1–42. doi: [10.2307/3001478](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Gallego-Castro LA; Mahecha-Ledesma L; Angulo-Arizala, J. 2017. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agronomía Mesoamericana* 28(1):213–222. doi: [10.15517/am.v28i1.21671](https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21671)
- González-Castillo JC; Hahn Von-Hessberg CM; Narváez-Solarte W. 2014. Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) y su uso en la alimentación animal. *Boletín Científico Centro de Museos* 18(2):45–58. bit.ly/3tUuvmv
- Holguín VA; Ortiz Grisalez S; Velasco Navia A; Mora Delgado J. 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. doi: [10.15446/rfmvz.v62n2.51995](https://doi.org/10.15446/rfmvz.v62n2.51995)
- Inayat A; Gordon O. 2009. Influencia de las fases lunares (menguante y luna llena) sobre la propagación vegetativa del botón de oro *Tithonia diversifolia*. Tesis de grado. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador. 116 p. repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2600
- INEGI (Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía). 2022. Aspectos Geográficos - Chiapas (07). INEGI, Aguascalientes, México. bit.ly/48yQ8o6
- Levene H. 1960. Robust tests for equality of variances. En: Olkin I; Ghurye SG; Hoefding W; Madow WG; Mann HB, eds. *Contribution to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*. Stanford University Press. Stanford, USA. p. 278–292.
- Lourenco JN; Matos A; Meirelles AC; Silva RL da; Lourenco, F. 2015. Estudos preliminares sobre a propagação vegetativa de *Tithonia diversifolia*. Resumos do IX Congresso Brasileiro de Agroecologia, Belém, PA, Brazil, setembro 28–Outubro 1 2015 *Cadernos de Agroecologia* 10(3). bit.ly/3RZh7lx
- Luo L; Zhang P; Ou X; Geng, Y. 2016. Development of EST-SSR markers for the invasive plant *Tithonia diversifolia* (Asteraceae). *Applications in Plant Sciences* 4(7):1600011. doi: [10.3732/apps.1600011](https://doi.org/10.3732/apps.1600011)
- Machado R; Roche R; Toral O; González E. 1999. Metodología para la recolecta, conservación y caracterización de especies herbáceas, arbóreas y arbustivas útiles para la ganadería. *Pastos y Forrajes* 22(3):181–204. bit.ly/3RXpwpz
- Maguire JD. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2(2):176–177. doi: [10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x](https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x)
- Mahecha L; Angulo J. 2017. Experiencia investigativa sobre *Tithonia diversifolia*. Universidad de Antioquia. En: Chará J; Peri P; Rivera JE; Murgueitio E; Castaño K, eds. 2017. *Sistemas Silvopastoriles. Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible*. Actas del IX Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles, Cali, Colombia, Agosto de 2017. p. 446–447.
- Mahecha L; Rosales M. 2005. Valor nutricional del follaje de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* [Hemsl]. Gray) en la producción animal en el trópico. *Livestock Research for Rural Development* 17(9):Article #100. lrrd.org/lrrd17/9/mahe17100.htm

- Medina MG; García DE; González ME; Cova LJ; Moratinos, P. 2009. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical* 27(2):121–134. [bit.ly/47JK0s0](https://doi.org/10.15446/zt.47JK0s0)
- Murgueitio E. 2022. *Tithonia diversifolia* una Asterácea diferente: su papel en los sistemas sostenibles de producción agropecuaria. Convención Producción Animal y Agrodesarrollo 2022, Varadero, Cuba, 10 al 14 de octubre 2022. p. 2297-2308.
- Padilla C; Rodríguez I; Ruiz TE; Herrera M. 2018. Determination of the best time to harvest seeds of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. *Livestock Research for Rural Development* 30(4):Article #71. [lrrd.org/lrrd30/4/idal30071.html](https://www.lrrd.org/lrrd30/4/idal30071.html)
- Peters M; Franco LH; Schmidt A; Hincapié B. 2003. Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica. Publicación CIAT no. 333. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 114 p. hdl.handle.net/10568/54680
- Ribeiro RS; Sacramento JP; Calsavara LHF; Freitas S; Delarota GD; Minighin DC; Silveira SR; Pereira LGR; Mauricio, RM. 2017. *Tithonia diversifolia* para la alimentación de ganado lechero en Brasil. En: Chará J; Peri P; Rivera JE; Murgueitio E; Castaño K, eds. *Sistemas Silvopastoriles. Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible. Actas del IX Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles*, Cali, Colombia, Agosto de 2017. p. 406–411.
- Ribeiro RS; Terry SA; Sacramento JP; Silveira SR e; Bento CBP; da Silva EF; Mantovani HC; Gama MAS da; Pereira LGR; Tomich TR; Mauricio RM; Chaves, AV. 2016. *Tithonia diversifolia* as a supplementary feed for dairy cows. *PLoS ONE* 11(12):e0165751. doi: [10.1371/journal.pone.0165751](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165751)
- Rivera JE. 2020. Variabilidad fenotípica y genética de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, una planta para la producción animal sostenible en Colombia. Tesis de Doctado. Universidad de Antioquia, Colombia. hdl.handle.net/10495/16661
- Rivera JE; Chará JD; Barahona R. 2016. Life cycle assessment for the production of cattle milk in an intensive silvopastoral system and a conventional system in Colombia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 19: 237-251. doi: [10.56369/tsaes.2178](https://doi.org/10.56369/tsaes.2178)
- Rivera J; Lopera J; Chará J; Gómez-Leyva J; Barahona R; Enrique E. 2019. Genetic and morphological diversity of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray for use in silvopastoral systems of Latin America. En: Dupraz C; Gosme M, Lawson G, eds. *Book of Abstract 4th World Congress on Agroforestry*. CIRAD, INRA. Montpellier, France. 712 p.
- Rodríguez I; Padilla C; Ojeda M. 2019. Características de la germinación de la semilla gámic de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y su comportamiento en condiciones de vivero. *Livestock Research for Rural Development* 31(5): Article #69. [lrrd.org/lrrd31/5/idalma31069.html](https://www.lrrd.org/lrrd31/5/idalma31069.html)
- Ruiz TE; Alonso J; Febles G; Galindo J; Savón L; Chongo B; Martínez Y; La O O; Gutierrez D; Torrez V; Scull I; Cino DM; Crespo G; Mora L; Valenciaga N; Padilla C; Rodríguez B; Muir I; Rivero A; Hernández N. 2017. Evaluación de accesiones rerecolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Cuba. En: Chará J; Peri P; Rivera JE; Murgueitio E; Castaño K, eds. *Sistemas Silvopastoriles. Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible. Actas del IX Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles*, Cali, Colombia, Agosto de 2017. p. 486–487.
- Saavedra S. 2016. Fenología y fisiología de semillas de boton de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 62 p. repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58749
- Santos-Gally R; Muñoz M; Franco G. 2019. Efecto de la latencia sobre la germinación de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae). En: Rivera J; Peri P; Chará J; Díaz M; Colcombet L; Murgueitio E, eds. *Actas del X Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles*, Asunción, Paraguay, septiembre 24–26 de 2019. p. 417–425. [bit.ly/3U38ucw](https://doi.org/10.33044/revista3.383)
- Santos-Gally R; Muñoz M; Franco G. 2020. Fruit heteromorphism and germination success in the perennial shrub *Tithonia diversifolia* (Asteraceae). *Flora* 271: 151686. doi: [10.1016/j.flora.2020.151686](https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151686)
- Semarnat. 2006. Suelos. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Diario Oficial de la Federación. CDMX, México. bit.ly/48B04NI
- Shapiro SS; Wilk, MB. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52(34):591–611. doi: [10.2307/2333709](https://doi.org/10.2307/2333709)
- Toral OC; Navarro M; Reino J. 2015. Prospección y colecta de especies de interés agropecuario en dos provincias cubanas. *Pastos y Forrajes* 38(3):157–163. [bit.ly/3TUIRvs](https://doi.org/10.1016/j.pastor.2015.07.001)
- Uribe F; Giraldo J; MejíaC; Solarte L; Alfaro CJ. 2017. Experiencias con sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) con Botón de Oro en el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. En: Chará J; Peri P; Rivera JE; Murgueitio E; Castaño K, eds. *Sistemas Silvopastoriles. Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible. Actas del IX Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles*, Cali, Colombia, Agosto de 2017. p. 486–487.

Cali, Colombia, Agosto de 2017. pp. 495-496.
Yang J; Tang L; Guan Y-L; Sun W-B. 2012. Genetic Diversity
of an alien invasive plant mexican sunflower (*Tithonia*

diversifolia) in China. Weed Science 60(4):552–557. doi:
[10.1614/WS-D-11-00175.1](https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00175.1)

(Recibido para publicación 3 marzo 2023; aceptado 25 noviembre 2023; publicado 31 de enero 2024)

© 2023



Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales una revista de acceso abierto publicada por el *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, en asociación con el *Instituto de Recursos Genéticos de Cultivos Tropicales de la Academia China de Ciencias Agrícolas Tropicales (TCGRI-CATAS)*. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).