

Artículo Científico

Efecto de diferentes niveles de cobertura vegetal en la germinación, sobrevivencia y establecimiento de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. vc ICACUBA Oc-10 sembrada con semilla gámica

Effect of different mulch levels on germination, survival, and establishment of Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray. vc ICACUBA Oc-10, planted with gamic seeds under field conditions

CÉSAR PADILLA, IDALMIS RODRÍGUEZ, TOMÁS E. RUIZ, YOLAINE MESA Y NADIA QUIÑONEZ
Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Resumen

Se estudiaron niveles de cobertura vegetal en la germinación, sobrevivencia y establecimiento por semilla gámica de tithonia. Se usó un diseño de bloques al azar con 5 réplicas. Los tratamientos consistieron en cubrir las semillas con 0, 0.250, 0.338 y 0.500 kg/m² de cobertura vegetal. A los 12, 34, 54 y 78 días después de la siembra el porcentaje de germinación, número de hijos y hojas/planta, altura, diámetro del tallo fueron significativamente superiores cuando se aplicó cobertura vegetal con relación al control. La germinación se incrementó hasta un 29 % con el nivel de 0.500 kg/m² de cobertura vegetal y fue menor ($p < 0.05$) en el control. El rendimiento 6.43–10.87 t MS/ha en el primer corte se incrementó significativamente con los niveles de cobertura vegetal. En el tercero, los mejores ($p < 0.05$) rendimientos 5.6–6.0 t MS/ha se lograron con 0.338 y 0.500 kg/m² de cobertura vegetal. Se concluye que es necesario cubrir la semilla con cobertura vegetal de residuos vegetales a razón de 0.338–0.500 kg/m² para asegurar la germinación, supervivencia y desarrollo de las plantas e incrementar la producción de biomasa.

Palabras clave: Arbustos, niveles de residuos vegetales, siembra, rendimientos.

Abstract

Different mulch levels were studied for establishing tithonia using gamic seeds. A randomized complete block design with 5 replications was used. The treatments included covering the seeds with 0, 0.250, 0.338 and 0.500 kg/m² of African star grass dry residues. The germination percentage was lower ($P < 0.05$) for the control treatment, at 12 and 30 days after sowing and increased up to 29 % when 0.500 kg/m² of mulch was applied. In the first stages after sowing (12, 34, 54 and 78 days) the percentage of germination, number of tillers and leaves/plant, height and stem diameter were significantly higher for the mulch treatments. Forage yield in the first harvest increased significantly ($P < 0.05$) with mulch levels, from 6.43 to 10.87 t DM/ha. In the third harvest, the best ($P < 0.05$) yields (5.6–6.0 t DM/ha) were obtained with 0.338 and 0.500 kg of mulch/m². It is concluded that it is necessary to cover tithonia seeds with mulch of vegetable residues at a rate of 0.338–0.500 kg/m², to ensure proper germination, survival and development of the plants, and higher biomass yields.

Keywords: Levels of plant residues, shrubs, sowing, yields.

Correspondencia: Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24,
San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
Correo electrónico: padilla4603@gmail.com

Introducción

Observaciones de campo han evidenciado que la propagación de *T. diversifolia* ocurre principalmente por vía asexual (Ramírez 2008), mediante el uso de estacas, que son fáciles de adquirir de otras áreas de tithonia, pero cabe resaltar que este tipo de propagación presenta algunas dificultades como el transporte y almacenamiento que solo se puede realizar durante periodos cortos, sin afectar la calidad de las estacas (Sánchez et al. 2014). Entre las principales limitantes para la expansión del botón de oro como arbusto para ramoneo y forraje (Ríos Kato 1999; Romero et al. 2014) se destacan la baja oferta de material asexual (estacas) y el elevado costo de las mismas, para iniciar la plantación.

Por otra parte, la reproducción sexual sigue siendo escasa o casi nula (Ríos Kato 1999; Romero et al. 2014), aunque en los últimos años algunos productores e investigadores han hecho observaciones casuales de la reproducción del botón de oro a partir de semilla sexual, principalmente para evaluar la posibilidad de obtener una mejor germinación de la semilla gámica (Saavedra 2016; Padilla et al. 2018; Mattar et al. 2019; Rodríguez et al. 2019). En cuanto a las siembras por la vía gámica, los principales logros se limitan fundamentalmente a esparcir inflorescencias maduras en sustratos orgánicos y después de germinadas las semillas, las plántulas se trasplantan a bolsas o directamente al campo (Gallego-Castro 2016; Gallego-Castro et al. 2017). Esta tecnología exige cumplir las más estrictas medidas de protección de las plántulas germinadas hasta su trasplante (Solarte et al. 2013). A ello se une la ausencia de una tecnología comercial de producción de semilla científicamente avalada desde el punto de vista técnico económico que propicie su disponibilidad en el mercado.

A lo anterior se une que el productor primario aún no dispone de una metodología documentada científicamente, que se integre en un paquete tecnológico para la producción de semilla, siembra y establecimiento por vía gámica de la tithonia. Por otra parte, es casi nula la disponibilidad de resultados de investigación acerca del cómo lograr siembra directa de esta especie usando semilla botánica. Trabajos recientes de Padilla et al. (2020a) mostraron avances sobre la posibilidad real de lograr resultados satisfactorios en el establecimiento cuando se emplearon diferentes prácticas de protección de la semilla gámica de tithonia en un suelo Ferralítico Rojo Éutrico.

Teniendo en cuenta lo anterior el objetivo de este trabajo fue la evaluación de diferentes volúmenes

de rastrojos vegetales (cobertura vegetal) en la germinación, sobrevivencia y establecimiento por semilla gámica de *Tithonia diversifolia* vc ICACUBA Oc-10 en condiciones de campo.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el Centro Experimental de Pastos y Forrajes 'Miguel Sistachs Naya' del Instituto de Ciencia Animal, ubicada en el municipio de San José de las Lajas, provincia de Mayabeque, Cuba, situada a los 23°55' LN y a los 82°0' LW a 92 msnm. El tipo de suelo es el Ferralítico Rojo Éutrico, de rápida desecación, arcilloso y profundo sobre calizas (Hernández et al. 2015). Los datos climáticos de la región aparecen en la Figura 1.

Se usó un diseño de bloques al azar con 5 réplicas. La unidad experimental fue de 5 × 4 m. Los tratamientos consistieron: T1=Control, sin cubrir la semilla, T2=Cubrir las semillas 0.250 kg/m², T3=Cubrir las semillas con 0.338 kg/m², T4=Cubrir las semillas con 0.500 kg/m² de cobertura vegetal. Para lo cual se utilizó residuos secos (75 % MS) de forraje de pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) que no produce semilla fértil.

La semilla utilizada se recolectó en el mismo Centro Experimental, según el mejor momento de cosecha determinado por Padilla et al. (2018) y Padilla et al. (2020b), para esta especie. Posterior a la cosecha, las semillas llenas fueron separadas por un equipo de aire forzado (Modelo CB2001 Marca OEM, Inc) y la germinación del lote en condiciones de laboratorio fue 50 %.

Procedimiento experimental

La labranza se realizó con preparación convencional del suelo, consistente en aradura y cruce con pase de grada media alterna. La siembra se realizó por semilla gámica el 15 de junio de 2018, en surcos de 15 cm de profundidad separados a 80 cm entre hileras. Las semillas se depositaron en el fondo del surco, separados a 1.0 m entre golpes y se apisonaron con el pie para garantizar su contacto con el suelo y evitar que se arrastren con la lluvia. Se sembraron 10 semillas/golpe. Después de colocadas las semillas en el fondo de surco y asentadas con el pie, se cubrieron con una cobertura vegetal 0.250, 0.338 y 0.500 kg/m² de heno de pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) que contenía un 75 % de MS.

Las parcelas no se regaron, pero se aplicó fertilizante a razón de 250 kg/ha un mes después de la siembra y 350 kg/ha en el segundo corte, con fórmula 13-9-17 para N, P y K, respectivamente. La fertilización se realizó de

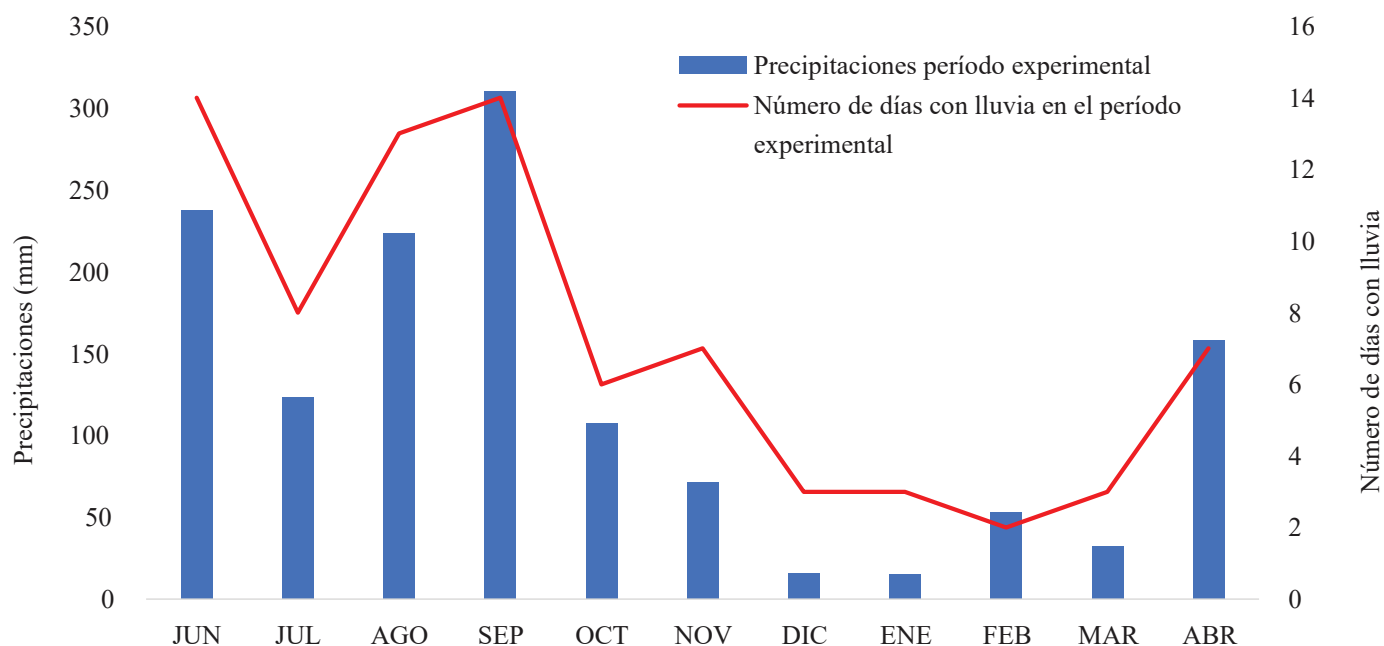


Figura 1. Datos climáticos de la región experimental (2018-2019).

forma localizada evitando el contacto con las hojas. En el tercer corte no se aplicó fertilizante. La germinación de las semillas se midió a los 12 y 34 días después de realizada la siembra. El porcentaje de germinación se calculó a partir de 250 semillas que se sembraron por parcela, replicadas cinco veces por tratamiento.

Se realizaron muestreos a los 12, 34, 51 y 78 días posteriores a la siembra, las variables evaluadas fueron el número de plantas/m², diámetro del tallo (cm), altura (cm) y número de hojas/tallo en 10 plantas por parcela. El rendimiento de MV y MS en t/ha se determinó en los tres cortes evaluados cortando el área total de las parcelas (20 m²). El primer corte de establecimiento se realizó a los 120 días después de la siembra, el segundo a 120 días del primero y el tercero a 90 días del segundo. Los dos últimos ocurrieron en el período poco lluvioso.

Se probaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para las variables originales número de hijos/plantas, número de hojas/plantas, población (plantas/m²) y número de tallos/m² de *T. diversifolia*. Para la normalidad de los errores, se utilizó la dócima de Shapiro-Wilk (1965), y la homogeneidad de varianza, por la dócima de Levene (1960). Posteriormente, se aplicó la transformación \sqrt{x} , para las variables anteriormente analizadas, sin embargo, esta no mejoró el cumplimiento de dichos supuestos, por lo que se realizó análisis de varianza no paramétrico, de dos clasificaciones por rango de Friedman. Para la comparación de los rangos medios se utilizó la dócima de Conover (1999) para $p < 0.05$.

Las variables, porcentaje de germinación, altura de la planta, diámetro del tallo y rendimiento, se analizaron con el empleo de un análisis de varianza, según diseño de bloques al azar. Para la comparación de medias se aplicó la dócima de Duncan (1955) para $p < 0.05$ en los casos necesarios. Todos los datos se procesaron en el paquete estadístico INFOSTAT versión 2012 (Di Rienzo et al. 2012).

Resultados

El porcentaje de germinación a los 12 y 34 días después de la siembra fue menor ($p < 0.05$) para el tratamiento de siembra sin cobertura de la semilla. En general hubo un incremento lineal del porcentaje de germinación en el campo con el aumento de los niveles de cobertura vegetal (Figura 2 y 3).

Los niveles de cobertura vegetal utilizados a los 51 días después de la siembra no afectaron el número de hijos/planta, el cual osciló entre 4.36 y 5.80. A los 78 días, el mayor número de hijos/planta ($p < 0.05$) fue cuando se aplicó 0.500 kg/m² de cobertura vegetal, sin diferir del tratamiento de 0.338 kg/m², y se obtuvo el menor resultado en el control. La variable número de hojas/planta a los 51 y 78 días, fue superior ($p < 0.05$) en todos los niveles de cobertura vegetal utilizados respecto al control, sin diferencias entre estos (Cuadro 1).

A los 12 días después de la siembra la menor población (No. de plantas/m²) fue en el control ($p < 0.05$) y similar entre los tratamientos que se cubrieron con diferentes niveles de cobertura vegetal. No se detectaron diferencias

significativas entre los tratamientos para este indicador en los muestreos realizados a los 34, 51 y 78 días (Cuadro 2).

La menor altura de las plantas, después de la siembra, se obtuvo en el control, con respecto a los tratamientos en que se aplicó cobertura vegetal (Figura 4). A los 78 días, en todos los tratamientos la altura fue superior respecto a los 34 y 51 días. El diámetro del tallo fue significativamente mejor ($p<0.05$) cuando se utilizó cobertura vegetal a los 51 días después de la siembra con relación al control; sin embargo, no se detectaron diferencias entre tratamientos al aplicar esta labor a los 78 días.

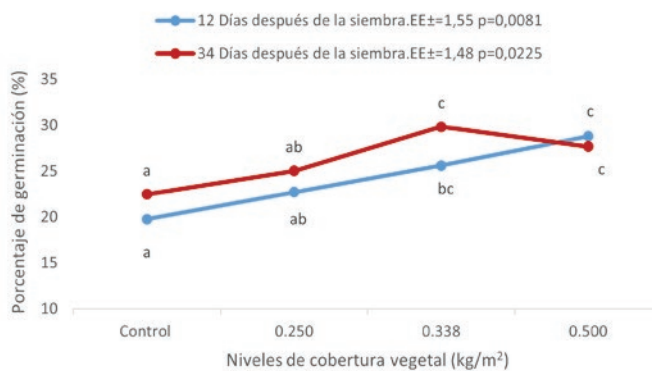


Figura 2. Efecto de los niveles de cobertura vegetal en el porcentaje de germinación de las semillas gámica de *T. diversifolia* establecida directamente en el campo. ^{abc}=medias con letras distintas difieren a $P<0.05$ (Duncan 1955)

El número de tallos/m² en el primer corte fue similar en todos los tratamientos, en el segundo fue menor ($p<0.05$) en el control y las mayores poblaciones se lograron cuando se aplicaron 0.338 y 0.500 kg/m² de cobertura vegetal (Cuadro 3). En el tercero, el mayor número de tallos/m² ($p<0.05$) fue cuando se aplicó 0.338 kg/m². Sin embargo, en la variable número de hojas/planta se determinó un comportamiento significativo ($P=0.0320$) en el primer corte, con una mayor respuesta con los niveles de cobertura vegetal de 0.250 y 0.338 kg/m², sin diferir del tratamiento 0.500 kg/m² (Cuadro 3).



Figura 3. Vista de la utilización de cobertura vegetal en la siembra directa de semilla gámica.

Cuadro 1. Efecto del nivel de cobertura vegetal utilizado en el establecimiento de *T. diversifolia* en el número de hijos y hojas/planta a los 51 y 78 días después de la siembra.

Momento después de la siembra (días)	Control	Niveles de cobertura vegetal (kg/m ²)			EE± P
		0.250	0.338	0.500	
Número de hijos/plantas					
51	2.16 (4.36) DE=2.46 1.76 a	2.42 (4.68) DE=1.93 2.42 b	2.86 (5.80) DE=2.93 2.72 bc	2.56 (5.00) DE=2.08 3.10 c	0.2489
78	(2.64) DE=2.56	(5.28) DE=3.70	(5.60) DE=2.57	(6.72) DE=3.22	0.0010
Número de hojas/plantas					
51	1.24 a (7.08) DE=1.49	2.90 b (11.32) DE=2.33	2.74 b (11.38) DE=2.37	3.12 b (12.51) DE=2.79	<0.0001
78	1.66 a (12.52) DE=1.71	2.60 b (14.24) DE=2.63	2.98 b (15.08) DE=2.78	2.76 b (14.40) DE=3.24	0.0004

^{a,b,c}=Rangos medios con letra distintas por filas difieren para $P<0.05$, Conover (1999).

Datos entre paréntesis indica la mediana.

DE=Desviación estándar.

La altura de la planta fue mayor ($p<0.05$) con el nivel de cobertura vegetal de 0.500 kg/m^2 en el primer corte, en el segundo fue similar en todos los tratamientos y en el tercero fue mejor en el nivel 0.338 kg/m^2 , sin diferencias con el control y 0.250 kg/m^2 . La menor altura se produjo con 0.500 kg/m^2 que, a la vez, no difirió significativamente de cuando se aplicó 0.250 kg/m^2 de cobertura vegetal (Figura 5).

El diámetro del tallo en el primer corte (Figura 5) fue mayor ($p<0.05$) cuando se cubrió la semilla 0.500 kg/m^2 , sin diferencias con el nivel de 0.338 kg/m^2 ; a la

vez este último fue similar al resto de los tratamientos. El diámetro del tallo en el segundo y tercer corte fue similar en todos los tratamientos.

El rendimiento t MS/ha (Figura 6) en la fase de establecimiento en el primer corte se incrementó significativamente ($p<0.05$) en la medida que se elevaron los niveles de cobertura vegetal. En el tercero, los mejores ($p<0.05$) rendimientos se lograron cuando se aplicaron 0.338 y 0.500 kg/m^2 de cobertura vegetal. En el segundo corte los rendimientos fueron similares.

Cuadro 2. Comportamiento de la población (plantas/m²) de *T. diversifolia*, en cuatro momentos después de la siembra, con la utilización de diferentes niveles de cobertura vegetal.

Momento después de la siembra (días)	Control	Niveles de cobertura vegetal (kg/m ²)			EE± P
		0.250	0.338	0.500	
12	1.82 ^a (9.88) DE=2.92	2.68 ^b (12.84) DE=4.73	2.44 ^{ab} (11.36) DE=4.19	3.06 ^b (14.40) DE=4.29	0.0042
34	1.92 (11.52) DE=4.33	2.72 (14.92) DE=4.38	2.72 (13.56) DE=5.16	2.64 (14.32) DE=4.25	0.0700
51	2.04 (11.56) DE=4.70	2.76 (15.48) DE=4.82	2.56 (13.08) DE=4.67	2.64 (14.44) DE=4.28	0.2037
78	2.14 (11.52) DE=4.98	2.64 (13.40) DE=3.69	2.38 (12.04) DE=4.00	2.84 (13.16) DE=3.54	0.2336

^{a,b}=Rangos medios con letra distintas por filas difieren para $P<0.05$, Conover (1999). Datos entre paréntesis indica la mediana. DE=Desviación estándar.

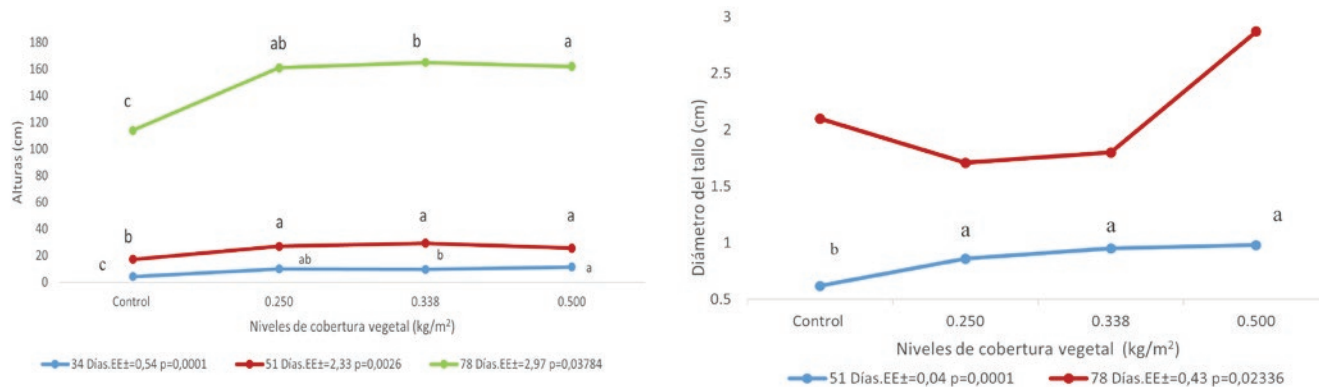


Figura 4. Comportamiento de la altura y el diámetro del tallo de las plantas de *T. diversifolia* en diferentes momentos después de la siembra con la aplicación de niveles de cobertura vegetal. ^{abc}: medias con letras distintas difieren a $P<0.05$ (Duncan 1955)

Cuadro 3. Comportamiento de la población (tallos/m²) y el número de hojas/plantas en los diferentes cortes.

Cortes	Control	Niveles de cobertura vegetal (kg/m ²)			EE± P	
		0.250	0.338	0.500		
Población de tallos/m ²	1	8.40	7.80	7.20	7.60	0.30 0.0905
	2	12.40 ^a	14.40 ^b	15.20 ^c	15.20 ^c	0.23 <0.0001
	3 [#]	2.20 ^{ab} (19.60) DE=0.89	1.80 ^a (19.20) DE=0.45	4.00 ^c (21.60) DE=0.89	2.00 ^{ab} (19.40) DE=0.55	0.0004
Número de hojas/planta	1	28.40 ^b	35.80 ^a	34.40 ^a	33.20 ^{ab}	1.59 0.0320
	2	19.60	16.20	16.80	18.80	0.99 0.0964
	3 [#]	3.40 (17.00) DE=2.12	2.60 (15.20) DE=1.64	1.60 (14.00) DE=1.22	2.00 ^{ab} (19.40) DE=0.55	0.1300

^{a,b,c}=Rangos medios con letra distintas por filas difieren para P<0.05, Conover (1999). Datos entre paréntesis indica la mediana. DE=Desviación estándar; [#]=No cumplió con los supuestos del ANAVA, por lo que fue necesario transformar

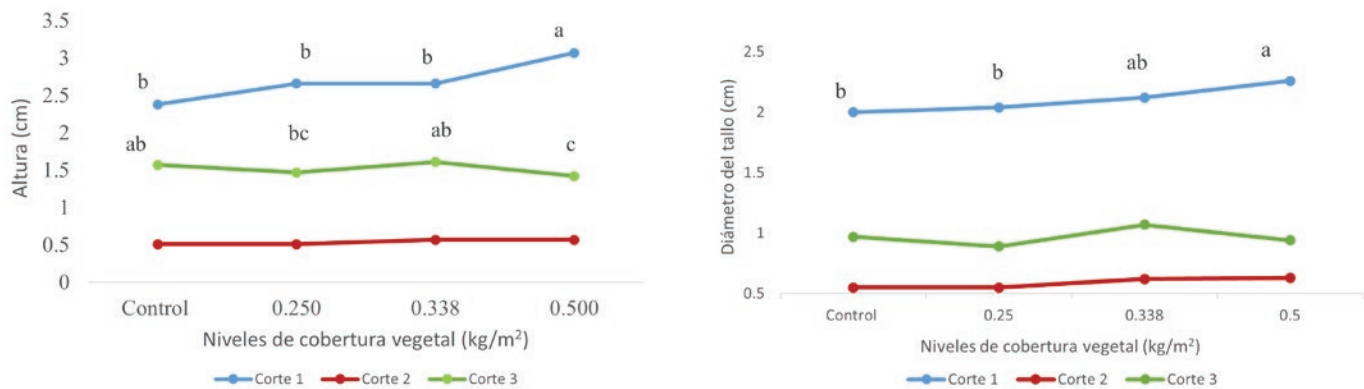


Figura 5. Comportamiento de la altura y el diámetro del tallo de las plantas de *T. diversifolia* en los diferentes cortes con la aplicación o no de niveles de cobertura vegetal. ^{abc}=medias con letras distintas difieren a P<0.05 (Duncan 1955).

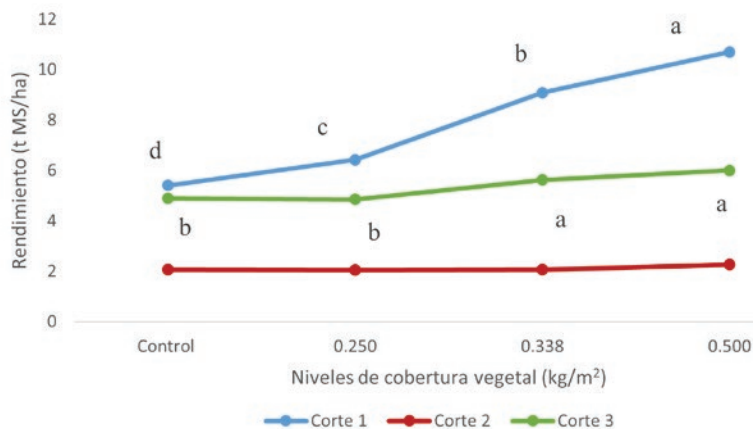


Figura 6. Rendimiento de *T. diversifolia* establecida con la aplicación o no de niveles de cobertura vegetal en el momento de la siembra. ^{abc}=medias con letras distintas difieren a P<0.05 (Duncan 1955).

Discusión

El hecho que con el empleo de mayores niveles de cobertura vegetal las semillas logran los mayores valores de germinación: 28,8 % (con 0.500 kg/m²) y 29,84 % (con 0.388 kg/m²) a los 12 días y 34 días después de germinación, respectivamente, sin diferencias significativas entre ambos tratamientos, avala los beneficios de esta práctica para el establecimiento de la tithonia. El hecho que el 58 % de las semillas sembradas en campo lograron germinar en solo 12 días, comparado con el potencial de estas en el laboratorio, es un buen indicador que la cobertura vegetal vigoriza la hipótesis que es posible establecer el botón de oro usando semilla gámica.

En este sentido Obukohwo y Olayinka (2015) al estudiar el porcentaje de germinación en placas de Petri con sustratos de algodón y macetas con suelo encontraron que la semillas germinaron mejor cuando fueron sembradas en un sustrato de tierra, además en ese mismo estudio informaron que hay diferencias entre tipos de suelos, logrando los mejores resultados para la altura, área foliar y número de hojas/planta en 12 semanas en un suelo sobre piedra caliza, intermedios en arcillosos y peores en el suelo arenoso. Lo cual demuestra el requerimiento de humedad en el suelo en la fase de establecimiento de la tithonia, y en lo cual contribuye el uso de la cobertura vegetal.

Como se demuestra en este estudio (Figura 1) la mayor germinación se produjo en los primeros 12 días, lo que lleva a inferir que la no repuesta a los niveles de cobertura vegetal en la etapa posterior se debe a que a partir de este momento la germinación es mínima, además que en este periodo comienza a producirse pérdidas de población por muertes de plántulas, por carencia de humedad en el suelo, sobre todo en aquellas semillas que no se cubrieron con una mínima capa de suelo y probablemente, por ataque de plagas y enfermedades que se producen en la fase inicial de establecimiento. Todo lo anterior puede ser debido a que se logró un equilibrio de la población, pues las plantas que sobrevivieron ya estaban en una mejor capacidad para competir en el agroecosistema que fueron introducidas.

Esta repuesta a la aplicación de cobertura vegetal hasta los 12 días después de la siembra puede estar dada por la capacidad que tiene las semillas de esta planta a lograr su mayor germinación en los primeros 10 días (Padilla et al. 2018; Padilla et al. 2020a; Rodríguez et al. 2019; Santos-Gally et al. 2019). Esto puede documentarse por el reconocido efecto beneficioso que provoca el empleo de cobertura vegetal en la germinación y sobrevivencia

de las plántulas en los primeros estudios de desarrollo cuando se realiza la siembra directa de las semillas en campo (Padilla et al. 2020a). La importancia de la protección de las siembras en condiciones de vivero para la obtención de plántulas para el trasplante es considerada como una vía necesaria para la propagación de esta especie por semilla agámica (Gallego-Castro 2015; Gallego-Castro 2016; Mahecha y Angulo 2017).

El éxito para un buen establecimiento de los pastos y forrajes en las áreas ganaderas del trópico va a depender en gran medida de la germinación y el desarrollo integral de las plantas en el periodo comprendido desde la emergencia al primer corte o pastoreo, así como garantizar precipitaciones abundantes y bien distribuidas, que unidas a las exigencias de temperatura y luz contribuyan a asegurar el mejor desarrollo de la especie sembrada para poder competir con las arvenses nativas por el nicho ecológico.

Los resultados de este estudio indican que cubrir las semillas con residuos vegetales secos propicia un mejor desarrollo de la planta íntegramente. Ello se materializó en un mejor comportamiento en los primeros estadios de las plántulas en los indicadores porcentaje de germinación, número de hijos y hojas/planta, altura, diámetro del tallo y población (Cuadro 1 y 2, Figura 2 y 3).

El comportamiento exitoso de los anteriores componentes del rendimiento estuvo favorecido por la protección que producen la cobertura vegetal en semillas pequeñas de escasas reservas y las plántulas, resguardando a éstas de la deshidratación por las altas intensidades lumínicas, temperaturas y el viento, así como el arrastre provocado por la escorrentía del agua de lluvias. Estos factores que en condiciones extremas pueden provocar la muerte de la especie que queremos establecer en los agroecosistemas ganaderos tropicales, por ello es aún más importante esta práctica pues favorece crear un mejor nicho ecológico que beneficia a la especie sembrada a rivalizar con las arvenses por agua, luz y nutriente y que esta competencia no sea excluyente para la especie deseada.

En los tres cortes realizados en la fase de establecimiento, el comportamiento de los indicadores población, altura, diámetro del tallo y el número de hojas e hijos/planta también evidenció el efecto beneficioso de la aplicación de cobertura vegetal en el mejor comportamiento de estos componentes del rendimiento, perdurando las mejoras producidas en los primeros estadios de desarrollo antes de someterse al corte. Estos resultados reafirman los beneficios del empleo de cobertura vegetal en el establecimiento de esta planta reportado por Padilla

et al. (2020b) en condiciones de suelo y clima similares, cuando las semillas son sembradas directamente en el suelo en condiciones de campo.

La no respuesta de algunos indicadores como número de hojas e hijos/planta, diámetro del tallo y altura de la planta en el segundo corte fue motivada porque el crecimiento de la planta ocurrió en el periodo diciembre-febrero que es cuando el período poco lluvioso es más crítico en el área experimental (Figura 1). En esta fecha es donde ocurren las menores precipitaciones y número de días con lluvias. Según Herrera et al. (2016) y Herrera et al. (2018) en este periodo climático, en esta misma región, es donde se producen las menores intensidades de luz y temperatura, lo cual pudo provocar que las plantas no pudieran expresar su potencial a los beneficios que induce el empleo de cobertura vegetal (Figura 5).

Rendimientos alcanzados del orden de 6-11 t MS / ha en el primer corte y de 4.86-6 t MS /ha en el tercero, en siembras directas de tithonia usando semilla gámica, resultan altos y novedosos, lo cual justifica que el momento óptimo de siembra debe coincidir con el inicio del período lluvioso de modo que se garantice precipitaciones abundantes y bien distribuidas, además que en ese período ocurren intensidades lumínicas, horas luz y temperatura que favorecen a que las plantas tropicales expresen su máximo potencial en la producción de biomasa (Herrera et al. 2016; Herrera et al. 2018). La correcta fertilización con fórmula completa y amplios intervalos entre cortes, en esta fase de establecimiento, también ayudaron a los altos rendimientos logrados. Este manejo agronómico resulta primordial para que las siembras realizadas alcancen satisfactorios establecimientos y sobre todo por la influencia que tiene este manejo en la vida útil y productiva de los pastizales.

La tithonia es reconocida y estudiada como una planta invasora por algunos investigadores (Muoghalu y Chuba 2005; Agboola et al. 2014). Sin embargo, resulta paradójico que no se había encontrado métodos de propagación por la vía gámica sembrando las semillas directamente en el suelo, pues las plantas ocupantes son capaces de desplazar otras especies por su capacidad de imponerse en los agroecosistemas. Si bien es cierto que no se disponía de reportes anteriores a Padilla et al. (2020b) sobre el establecimiento de botón de oro usando esta vía de propagación, los resultados de estos dos estudios indican que es posible alcanzar altos volúmenes de biomasa en la etapa de establecimiento, superiores a los reportados por Ruíz et al. (2012) en condiciones de clima y suelo similares y con semilla vegetativa, quienes lograron rendimientos entre 1.70–0.85 t MS/ha/corte

en el periodo lluvioso y poco lluvioso respectivamente, cuando se cortó a 15 cm de altura a los 80 días siendo éste un período inferior a nuestra evaluación. En otros trabajos de González et al. (2013) lograron rendimientos del orden de 10.0–13.0 t MS ha/año cuando plantó la sección basal y media de tallos de botón de oro. Aunque estas diferencias de producción de biomasa pudieran estar dadas porque dichos investigadores no emplearon fertilizantes mientras que en este estudio se aplicaron niveles de fertilización adecuados e intervalos de corte mayores, que unido al vigor juvenil que se ocasiona en la etapa de establecimiento, la tithonia logró expresar mejor su potencial forrajero.

Los resultados de este estudio sobre el establecimiento de tithonia y los reportados por Padilla et al. (2020a) confirman la posibilidad técnica de propagar el botón de oro por semilla gámica realizando la siembra directa de la semilla en campo. Si a esto se une otras investigaciones realizadas en la producción de semilla realizada por este grupo de trabajo en el Departamento de Pastos del Instituto de Ciencia Animal, algunos ya publicados (Padilla et al. 2018; Ruíz et al. 2018; Rodríguez et al. 2019; Padilla et al. 2020b) y otros en proceso de publicación, darán una solución a la producción y siembra por semilla gámica de tithonia en condiciones de campo. Ello pondrá a disposición de productores, técnicos y directivos una nueva opción para el establecimiento de esta especie por vía gámica, que es más factible desde el punto de vista técnico-económico.

Se concluye que es necesario cubrir la semilla de *Tithonia diversifolia* con residuos vegetales a razón de 0.338–0.500 kg/m² para asegurar la germinación, supervivencia y desarrollo de las plantas e incrementar la producción de biomasa. Se recomienda integrar en una guía técnica sobre producción de semilla de tithonia, estos resultados y otros obtenidos previamente, para extenderlos a una mayor escala productiva.

Referencias

(Nota de los editores: Enlaces verificados el 16 de enero de 2023).

- Agboola DA; Idowu WF; Kadiri M. 2014. Seed germination and seedling growth of the Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Compositae) in Nigeria, Africa. *Revista Biología Tropical* 54(2): 395–402. doi: [10.15517/rbt.v54i2.13881](https://doi.org/10.15517/rbt.v54i2.13881)
- Conover W. 1999. *Practical Nonparametric Statistics*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 3rd ed. 584 p.
- Di Rienzo JA; Casanoves F; Balzarini MG; González L; Tablada M; Robledo C W. 2012. *InfoStat* versión 2012

- Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. infostat.com.ar
- 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. 2015. Crecimiento y desarrollo de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en condiciones de trópico alto En: Peri P (ed). Memorias III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales. Editorial INTA, Santa Cruz, Argentina, 53–57. [bit.ly/3X5QkFF](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Gallego-Castro LA. 2016. Evaluación agronómica y análisis productivo del botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray) como suplemento alimenticio de vacas lecheras en trópico alto. MSc. Tesis. Universidad de Antioquia, Antioquia, Colombia. handle.net/10495/6113
- 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 D; Ruiz TE; Díaz H. 2013. Stem section and planting method: its effect on *Tithonia diversifolia* biomass production. *Cuban Journal of Agricultural Science* 47(4):425–429. [bit.ly/3CMTJRI](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Hernández A; Pérez JM; Bosch D; Castro N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93 p. [bit.ly/3GYmahG](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Herrera RS; García M; Cruz AM. 2016. Relación entre algunos indicadores climáticos con la altura, rendimiento y población de clones de *Pennisetum purpureum*. *Avances en Investigación Agropecuaria* 20(2):33–41. [bit.ly/3H9MWUL](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Herrera RS; García M; Cruz AM; Romero A. 2018. Estudio del régimen de precipitaciones pluviales en dos áreas del Instituto de Ciencia Animal. *Avances en Investigación Agropecuaria* 22(1):7–17. [bit.ly/3XdqkH3](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Levene H. 1960. Robust tests for the equality of variance In: Olkin I, ed. *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*, Stanford University Press, 278–292, ISBN: 978-0-8047-0596-7.
- Mahecha L; Angulo J. 2017. Experiencia investigativa sobre *Tithonia diversifolia*. Universidad de Antioquia. En: Chará J; Peri P; Rivera J; Murgueitio E; Castaño K (eds). *Sistemas Silvopastoriles: Aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. CIPAV. Cali, Colombia. ISBN 978-958-9386-78-1
- Mattar EPL; Vianna TT; Pereira WD; Brasileiro BP; Hilst PC; Días DCFS. 2019. Physiological quality of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray seeds as a function of harvest period and storage conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 25(6):1133–1142. [bit.ly/3GMw58L](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Muoghalu JI; Chuba D. 2005. Seed germination and reproductive strategies of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray and *Tithonia rotundifolia* (P.M) Blake. *Applied Ecology and Environmental Research* 3(1): 39–46. [bit.ly/3Xli0X6](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Obukohwo E; Olayinka UO. 2015. Seed production, germination, emergence and growth of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray as influenced by different sowing depths and soil types. *Albanian Journal of Agricultural Sciences* 14(3):294299. [bit.ly/3w459FU](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Padilla C; Rodríguez I; Ruíz TE; Herrera M. 2018. Determinación del mejor momento de cosecha de semilla gámica, *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. *Livestock Research for Rural Development* 30(4):71. [bit.ly/3Gz8Krb](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Padilla C; Rodríguez I; Ruiz TE; Ojeda M; Sarduy L; Díaz L. 2020a. Evaluación de diferentes prácticas de protección de la semilla gámica en el establecimiento de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray vc material 16. *Livestock Research for Rural Development* 32(3):50. [bit.ly/3QGOQz2](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Padilla C; Rodríguez I; Herrera M; Ruíz T; Mesa Y; Sarduy L. 2020b. Mejor momento de cosecha en la producción y calidad de semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.Gray según estado fenológico de la estructura floral. *Livestock Research for Rural Development* 32(9):146. [bit.ly/3D38U9x](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Ramírez J. 2008. Cultivo botón de oro “*Tithonia diversifolia*”. Artículo técnico. Engormix. [bit.ly/3ZF5C5L](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Ríos Kato CI. 1999. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. En: Sánchez MD; Rosales Meléndez M (eds). *Memorias de una conferencia electrónica sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. Estudio FAO producción y sanidad animal. Fundación CIPAV y FAO, 143:311–325. [bit.ly/3kifous](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Rodríguez I; Padilla C; Ojeda M. 2019. Características de la germinación de la semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y su comportamiento en condiciones de vivero. *Livestock Research for Rural Development* 31(5):69. [bit.ly/3GKdtGL](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Romero O; Galindo A; Murgueitio E; Calle Z. 2014. Primeras experiencias en la propagación del botón de oro (*Tithonia diversifolia*, Hemsl. Gray) a partir de Semillas para la siembra de sistemas silvopastoriles intensivos en Colombia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17(3):525–528. [bit.ly/3w5fvw3](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Ruíz TE; Febles G; Díaz H. 2012. Plantation distance, frequency and cutting height on the biomass production of *Tithonia diversifolia* collection 10 during the year. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 46(4):423–426. [bit.ly/3lWCaCB](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Ruíz TE; Febles G; Achan G; Díaz, H; 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* 30(5):81. [bit.ly/3keNShn](https://doi.org/10.2307/3001478)
- Saavedra S. 2016. Fenología y fisiología de semillas de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. MSc. Tesis.

- Universidad Nacional de Colombia, Antioquia, Colombia. [handle/unal/58749/1128408177.2016](https://hdl.handle.net/unal/58749/1128408177.2016).
- Sánchez Núñez LM; Hernández Bernal DM; Sánchez Moreno HV. 2014. Dinámica de la germinación y agrotecnia para un eficiente desarrollo del botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Revista Sistemas de Producción Agroecológicos 5(2):59–81. doi: [10.22579/22484817.655](https://doi.org/10.22579/22484817.655)
- 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). X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: por una producción sostenible. Libro de Actas. Editorial CIPAV, Cali, Colombia, 416–424. bit.ly/3GX5MxY
- Shapiro SS; Wilk MB. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52(3-4):591–611. doi: [10.2307/2333709](https://doi.org/10.2307/2333709)
- Solarte LH; Murgueitio E; González JG; Uribe F; Manzano L. 2013. Protocolo para la siembra de botón de oro y leucaena en potreros con praderas mejoradas para el establecimiento de sistemas silvopastoriles intensivos. Fundación CIPAV. Bogotá. Colombia. 20 p. bit.ly/3QKhoaR

(Recibido para publicación 24 de octubre 2022 aceptado 27 de diciembre 2022; publicado 31 de enero 2023)

© 2023



Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales is an open-access journal published by *International Center for Tropical Agriculture (CIAT)*, in association with *The Tropical Crops Genetic Resources Institute of The Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences (TCGRI-CATAS)*. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.