

Efecto de la asociación teca-crotalaria en la fertilidad de un Gleysol Éutrico y la comunidad de arvenses

Effect of the teak-sunn hemp association on fertility of an Eutric Gleysol and weed community

Mariela Guadalupe Maza-Landero¹ ,
Eustolia García-López^{1*} ,
José Jesús Obrador-Olán¹ ,
Mepivoseth Castelán-Estrada¹ ,
Eugenio Carrillo-Ávila² ,
José Francisco Juárez-López¹ 

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km. 3. CP. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

²Colegio de Postgraduados-Campus Campeche. Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, Si-hochac, CP. 24450. Champotón, Campeche. México.

*Autor de correspondencia: rogarlopez@colpos.mx

Artículo científico

Recibido: 11 de noviembre 2021

Aceptado: 12 de mayo 2023

Como citar: Maza-Landero MG, García-López E, Obrador-Olán JJ, Castelán-Estrada M, Carrillo-Ávila E, Juárez-López JF (2023) Efecto de la asociación teca-crotalaria en la fertilidad de un Gleysol Éutrico y la comunidad de arvenses. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 10(2): e3192. DOI: 10.19136/era.a10n2.3192

RESUMEN. Se evaluó el efecto de la asociación teca-crotalaria sobre la fertilidad del suelo, el crecimiento y la nutrición de la teca en etapa temprana, y la comunidad de arvenses. En las últimas décadas la madera de teca ha incrementado su valor por su dureza y durabilidad, ocasionando incrementos en la superficie de cultivo en México, donde el uso de leguminosas como abonos verdes se perfila como una tecnología que coadyuva en la sustentabilidad del ecosistema y la disminución de daños ambientales, asociados al uso de fertilizantes químicos. La investigación se realizó de agosto-2020 a enero-2021 en el Poblado C34 "Benito Juárez", Huimanguillo, Tabasco, México. La fertilidad del suelo se analizó mediante muestreo y análisis físico-químicos al inicio y final de la investigación. El rendimiento de la crotalaria se evaluó a los 60 días de su germinación. La asociación teca-crotalaria no influyó en los parámetros del suelo estudiado, con excepción del Ni, que mostró diferencias significativas entre tratamientos. No se observaron diferencias en la altura y diámetro de la teca entre tratamientos, tampoco en la concentración de N, P, K, Ca y Mg a los seis meses, aunque los contenidos nutrimentales estuvieron en niveles de suficiencia. Como resultado de los cinco muestreos de arvenses se tuvo un listado florístico comprendido por 24 especies, 20 géneros y 13 familias, destacando Fabaceae y Poaceae. La riqueza (S) y diversidad (H') tuvieron valores bajos, ligeramente mayores donde no hubo AV, los mayores correspondieron a 30 dd de incorporar la crotalaria. La especie más importante fue el pasto estrella; seguido de pasto humidícola, el botón de oro, la chibolita y *L. crustacea*.

Palabras clave: Abono verde (AV), concentración nutrimental, nutrición, diversidad, índice de valor de importancia (IVI).

ABSTRACT. The effect of the teak-crotalaria association on soil fertility, early stage teak growth and nutrition, and the weed community was evaluated. In recent decades, teak wood has increased its value due to its hardness and durability, causing increases in the cultivated area in Mexico, where the use of legumes as green manures is emerging as a technology that contributes to the sustainability of the ecosystem and the reduction of environmental damage, associated with the use of chemical fertilizers. The research was carried out from August-2020 to January-2021 in Town C34 "Benito Juárez", Huimanguillo, Tabasco, Mexico. Soil fertility was evaluated by sampling and physical-chemical analysis at the beginning and end of the investigation. Crotalaria yield was evaluated 60 days after germination. The teak-crotalaria association did not influence the parameters of the soil studied, with the exception of Ni, which showed significant differences between treatments. No differences were observed in the height and diameter of the theca between treatments, nor in the concentration of N, P, K, Ca and Mg at six months, although the nutritional contents were at sufficiency levels. As a result of the five samples of weeds, a floristic list was obtained comprising 24 species, 20 genera and 13 families, highlighting Fabaceae and Poaceae. Richness (S) and diversity (H') had low values, slightly higher where there was no AV, the highest corresponded to 30 dd after incorporating the crotalaria. The most important species was the star grass; followed by humidicolous grass, the golden button, the chibolita and *L. crustacea*.

Key words: Green manure (GM), nutrient concentration, nutrition, diversity, importance value index (IVI).

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales se definen como rodales establecidos mediante plantación o siembra directa en el proceso de forestación o reforestación con especies introducidas o nativas, manejadas en forma intensiva. México cuenta con aproximadamente 320 000 ha de plantaciones forestales comerciales (PFC), donde predominan el cedro rojo, eucalipto, pino, teca y melina (CONAFOR 2019). La teca (*Tectona grandis* L.f.) es una planta con excelente calidad de madera, muy valorada por su dureza y durabilidad; es originaria de Asia y tiene una gran variedad de usos, entre los que destacan la fabricación de muebles de calidad, chapas, pisos, puentes, embarcaderos y embarcaciones (Tamarit-Urias 2019).

El papel que las PFC juegan va más allá del ámbito maderero, involucra también a la biodiversidad, su relación con el agua, el suelo, las comunidades donde se insertan y su aporte a la mitigación del cambio climático (Arteaga y Castelán 2008). El manejo de estos sistemas ha tenido avances significativos en lo que se refiere a la producción, sin embargo, se requiere investigación sobre tecnologías que aseguren la sustentabilidad de los ecosistemas y minimicen los daños ambientales, en este sentido, se ha propuesto el uso de leguminosas como abonos verdes (AV), cuyos beneficios han sido reconocidos desde la antigüedad (Naranjo-Landero et al. 2020). Los AV corresponden a plantas que se siembran en rotación y/o asocio con el cultivo comercial y son incorporadas al suelo, preferentemente en estado de floración, para mantener, mejorar o restaurar las propiedades del mismo.

Los AV pueden tener otras características, como ser plantas de rápido crecimiento y desarrollo, producir grandes cantidades de materia seca y más hojas que tallos, ser tolerantes a diferentes tipos de suelo, utilizar pocos nutrientes del mismo e impedir, durante su crecimiento, el desarrollo de malezas, principalmente por competencia por agua, nutrientes, luz y espacio (Prager-Mósquera et al. 2012). También presentan efectos inhibitorios o alelopáticos sobre la germinación de semillas o el desarrollo de

plántulas, causado por exudados radiculares, liberados generalmente durante su descomposición (Khan y Khan 2015). Sus guías o rastrojos pueden tener un efecto físico de sombreado, impidiendo que los estímulos necesarios para la germinación lleguen a las semillas de las otras especies (Jiménez-Suárez et al. 2005).

Una de las leguminosas más utilizadas como abono verde y cultivo de cobertura es la crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), ya que es una especie que germina y se desarrolla rápidamente, tiene un hábito de crecimiento denso que suprime malezas y reduce la población de nematodos en el suelo; además de fijar nitrógeno atmosférico, produce abundante materia orgánica y de 5 600 a 14 000 kg ha⁻¹ de biomasa seca, que aporta hasta 204 kg ha⁻¹ de Nitrógeno (Ojeda-Quintana et al. 2019). Al igual que en los cultivos, en los sistemas de producción forestal las malezas pueden comprometer la producción y disminuir su rendimiento, debido a su capacidad de rebrote y almacenamiento de semillas en el suelo durante largos períodos de tiempo (Jiménez-Romero et al. 2020). Los efectos negativos van desde la reducción del crecimiento hasta la muerte de plantas establecidas, debido a la competencia por nutrientes en las primeras etapas de desarrollo, por ello, el control de malezas es un problema que los silvicultores tienen que enfrentar para evitar pérdidas económicas en la calidad de la madera (Gerding et al. 2015). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la asociación teca-crotalaria en la fertilidad del suelo, en el crecimiento, en altura y diámetro, y la nutrición de la teca en etapa temprana, y en la comunidad de arvenses.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en una parcela ubicada en El Poblado C-34 Lic. Benito Juárez, municipio de Huimanguillo, Tabasco, México, en las coordenadas N 17° 56' 801" y W 093° 35' 884", de agosto de 2020 a enero de 2021. El clima se clasifica como Am(f), cálido húmedo con lluvias abundantes en verano, con temperatura y precipitación

media anual de 24-26 °C y 2000-2050 mm, las lluvias ocurren de noviembre a febrero, con presencia de nortes a finales del año (Palma-López *et al.* 2007). Para ubicar la unidad del suelo estudiado se aperturó y describió un perfil de 1.80 m de profundidad y se clasificó de acuerdo con la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS-WRB 2015); se tomaron muestras de cada horizonte, las cuales fueron preparadas para realizar análisis químicos y físicos que permitieron caracterizar el suelo en estudio, de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT 2002).

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con dos tratamientos T: Testigo, sin abono verde, y AV, con cultivo e incorporación de crotalaria, y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental constó de 20 árboles de teca, plantados a 3 x 3 m, correspondiendo a una densidad de 1 111 plantas por hectárea, de 12 m de largo por 15 m de ancho, con una superficie útil fue de 2 310 m².

Las plántulas provinieron de semillas de teca que fueron colectadas de árboles plus del Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco; las cuales fueron sometidas a escarificación mecánica, sembradas en camas semilleras y pasadas a bolsas de 19*24 cm, con sustrato compuesto por arena (30%) y una mezcla de vermiculita, agrolita y peat moss (1:1:2). El manejo que se dio a las plantas en vivero fue el que realizan los silvicultores. La plantación en campo se realizó el 08 de julio de 2020, cuando las plántulas tenían tres meses; para favorecer su vigor y sobrevivencia en campo, quince días después se aplicó fertilizante Triple 17, en dosis de 100 g por planta (Balám-Che *et al.* 2015).

Para conocer el efecto de la asociación teca-crotalaria en la fertilidad del suelo se realizó un diagnóstico nutrimental del suelo, inmediatamente después de la preparación mecánica del terreno y al final del estudio (60 días después de la incorporación del AV), en ambos casos se tomaron muestras compuestas por 15 submuestras, a 0-30 cm, con una barrena tipo holandesa. El muestreo fue aleatorio, haciendo un recorrido en zig-zag en cada unidad experimental (NRCCA 2008). Las muestras fueron secadas al aire, molidas con rodillo de madera y tamizadas

en malla No 10. Los análisis de suelo realizados se hicieron conforme a las metodologías sugeridas por la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT 2002).

La crotalaria se sembró a razón de 20 kg ha⁻¹ de semilla, al voleo, cuando la teca tenía 30 días de plantada; 60 días después de la emergencia de la leguminosa, en la etapa de floración, se tomaron muestras vegetales de 1 m² de la parte central de cada bloque (Almeida-Santos *et al.* 2019), se pesaron en fresco, se lavaron con agua destilada y se secaron en un horno de circulación forzada de aire a 75 °C, hasta peso constante para determinar el peso seco, después se molieron en un molino Wiley, para realizar los análisis vegetales de N, P, K, Ca y Mg (Kalra 1998), con los resultados se calculó el aporte nutrimental del AV al suelo.

El efecto de la asociación teca-crotalaria en el crecimiento de la teca en etapa temprana se evaluó a los seis meses de establecerse en campo, se midió la altura en centímetros, desde la base del tallo hasta el ápice de crecimiento, utilizando una regla de acero (± 0.01 cm); y el diámetro en milímetros, en el cuello de la raíz, con un calibrador digital Vernier (serie QL-V, resolución 0.01 mm, exactitud ± 0.02 mm) (Escamilla-Hernández *et al.* 2015).

La asociación teca-crotalaria y su efecto en la nutrición de la especie forestal se evaluó haciendo un muestreo foliar a los seis meses de edad, para ello, entre las 6:00 y 7:00 h se tomó la segunda hoja recientemente madura de 10 árboles ubicados en el centro de cada unidad experimental (ocho muestras). Las muestras se guardaron en bolsas de papel identificadas y se secaron a 70 °C en una estufa con circulación forzada de aire hasta peso constante (72 h), se molieron en molino de acero inoxidable y tamizaron en malla 20, para estimar las concentraciones de nitrógeno total (Nt), fósforo Olsen (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Sadzawka *et al.* 2007).

Los datos fueron analizados con un ANOVA con el software Statistica 2003, y para las variables que mostraron efectos significativos se aplicó una prueba de comparación de medias de T de Student para dos tratamientos, con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Para el estudio de las arvenses se realizaron

muestreos en cinco fechas: 1) preliminar, 05 de agosto de 2020; 2) con la siembra de la crotalaria, 23 de septiembre; 3) 15, 4) 30 y 5) 60 días después de haber incorporado la crotalaria al suelo, 05 y 20 de diciembre 2020 y 20 de enero de 2021, respectivamente. Para los muestreos se utilizó un cuadro de metal de 50 x 50 cm, registrándose el nombre (común o científico), número de individuos y porcentaje de cobertura de cada una de las especies presentes (Naranjo-Landero *et al.* 2020), realizándose una colecta de las especies que quedaron dentro del cuadros, las cuales fueron llevadas al Herbario CSAT para verificar su identidad taxonómica. Los datos fueron sistematizados y analizados en Excel 2007, y sirvieron para calcular los índices de: riqueza (S), diversidad (H'), Uniformidad (E) (Magurran 1988) y el índice de valor de importancia (IVI), a partir de los valores absolutos y relativos de sus componentes: Densidad (De y rDe), Frecuencia (Fr y rFr) y Dominancia (Do y rDo) (Concenco *et al.* 2016).

RESULTADOS

El suelo correspondió a un Gleysol Eutric Clayic Vertic (GL-eu.ce.vr). El diagnóstico de fertilidad reveló un suelo moderadamente ácido (pH = 5.6), de textura franco-arcillosa (Tabla 1). La materia orgánica (MO), el nitrógeno total (Nt) y el nitrógeno inorgánico (Ni) mostraron contenidos medios. La relación C/N (10.6) sugiere una buena mineralización y, por tanto, una pronta disponibilidad de Ni. La densidad aparente fue de 1.25 t m^{-3} . El contenido de P-Olsen, 9.5 mg kg^{-1} , se clasifica como medio. El valor medio de CIC indica que es un suelo con buen contenido de arcilla; sin embargo, el porcentaje de saturación de bases, 52.8, se vio afectado por los bajos contenidos de K ($0.22 \text{ cmol}_{(c)} \text{ kg}^{-1}$) y, sobre todo, Mg ($1.20 \text{ cmol}_{(c)} \text{ kg}^{-1}$), no así de Ca, que presentó contenidos altos ($12.1 \text{ cmol}_{(c)} \text{ kg}^{-1}$).

Las gráficas de la Figura 1 muestran los resultados de los análisis de suelo a los dos meses de incorporar la crotalaria, entre tratamientos no hubo diferencias significativas en los distintos parámetros estudiados, excepto en el nitrógeno inorgánico (Ni), elemento muy asociado a la MO y Nt del suelo,

cuyos valores promedio fueron 2.6 (MO) y 0.1% (Nt), similares a su contenido inicial, 2.7 y 0.12%; el pH fue levemente inferior respecto al inicial (5.5 y 5.4, respectivamente). El P tuvo contenidos medios y fue ligeramente menor (9.1 mg kg^{-1}) respecto al valor inicial (9.5 mg kg^{-1}). Las bases de intercambio K, Ca y Mg tampoco variaron prácticamente en relación a sus contenidos iniciales.

El peso promedio de la biomasa seca aérea de la crotalaria fue de 2.3 t ha^{-1} . Los contenidos de N, P y K del AV fueron 2.83 (CV: 3.8), 0.26 (CV: 13.3) y 0.53 (CV: 10.9). La crotalaria acumuló en la biomasa aérea a los 60 días: 65.1, 6.0 y 12.2 kg ha^{-1} de N, P y K, respectivamente. La crotalaria no ejerció un efecto significativo sobre el crecimiento en altura y diámetro en la teca en etapa temprana, ya que las plantas en los tratamientos con y sin AV, fueron estadísticamente iguales (Figura 2).

En la Figura 3 se muestra el resultado del estadístico realizado a la concentración foliar en teca (N, P, K, Ca y Mg); entre tratamientos (con y sin crotalaria) no hubo diferencias estadísticas significativas. Como resultado de los cinco muestreos de flora se generó una lista de 24 especies que se ubicaron en 22 géneros y 13 familias botánicas (Tabla 2). Al grupo de las dicotiledóneas correspondieron 18 especies (75%). Destacaron el botón de oro (*Acmella repens*), el pasto humidícola (*Brachiaria humidicola*) y el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), que fueron registradas prácticamente en todos los muestreos y tratamientos.

La riqueza (S) fue muy baja en el muestreo preliminar, incrementó ligeramente para la siembra de la crotalaria, y un poco más para el tercer muestreo, siendo ligeramente más alta en el testigo (Figura 4) donde, a los 30 dd de la incorporación de la crotalaria se presentó el valor más alto, observándose una disminución en el tratamiento AV. Para la última fecha incrementó en AV y disminuyó en el testigo, pero los valores de ambas fueron similares. Excepto en la última fecha, S fue mayor en el testigo en todos los muestreos. La diversidad (H') de arvenses fue baja durante todo el ciclo de estudio, alcanzando apenas un valor de $H' = 0.5$ en el primer muestreo, el más bajo del periodo. Para la siembra de la crotalaria hu-

Tabla 1. Análisis de fertilidad del suelo (0-30 cm de profundidad) previo al establecimiento de la teca.

pH	MO	Nt	Ni	P	Fe	Cu	Zn	Mn	K	Ca	Mg	CIC	A	L	R
Rel 1:2	%				mg kg ⁻¹					Cmol _(c) kg ⁻¹				%	
5.6	2.7	0.12	27	9.5	99.8	2.6	1.9	7.2	0.22	12.1	1.2	25.6	31	34	35

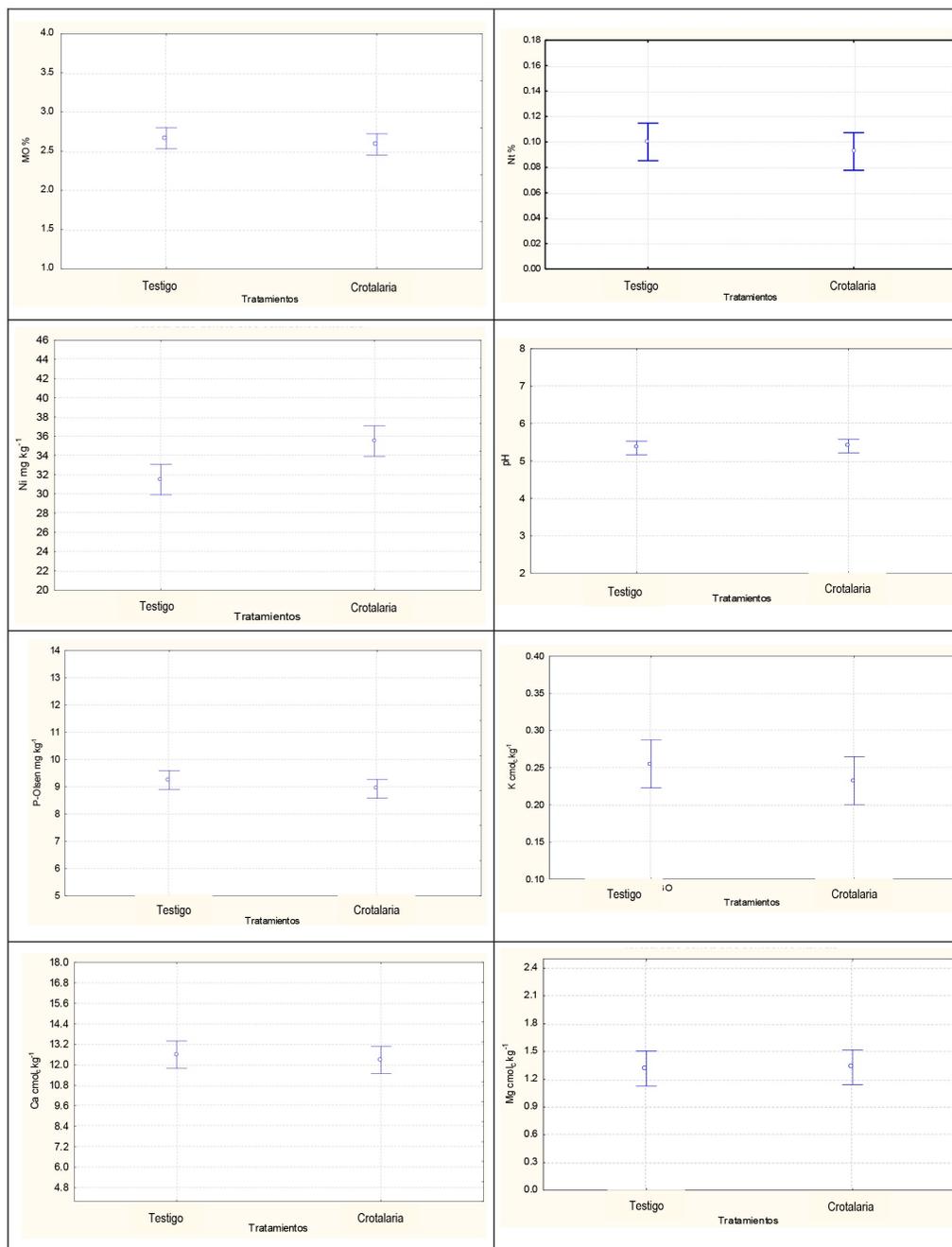


Figura 1. Comportamiento de la fertilidad del suelo 60 días después de incorporar la Crotalaria en la asociación con teca. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).

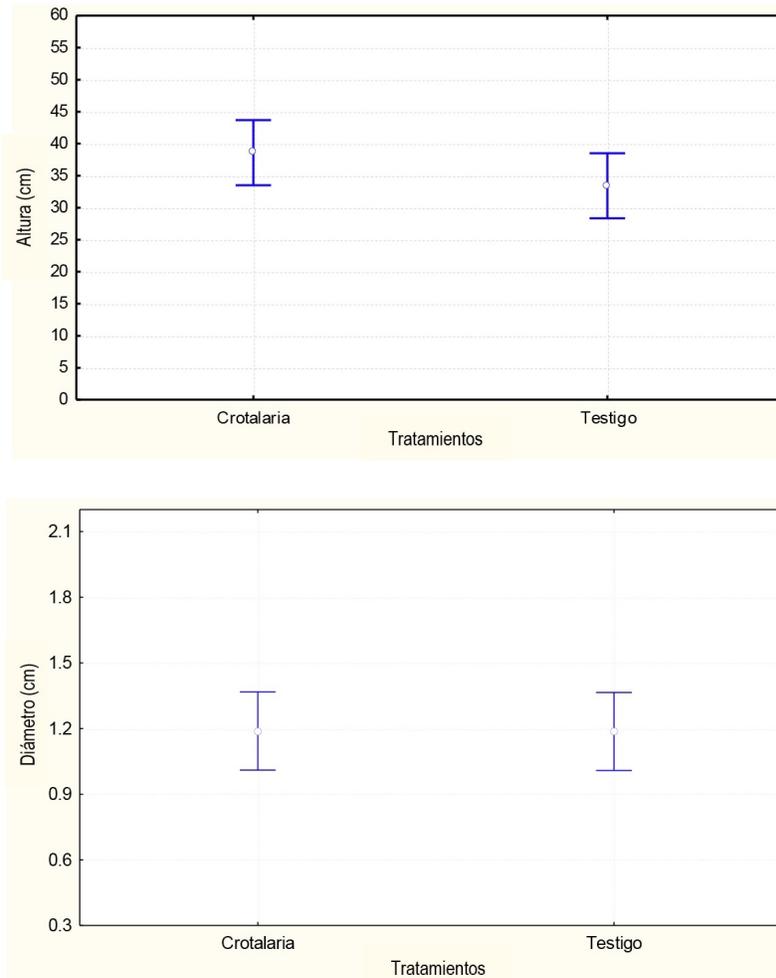


Figura 2. Altura y diámetro (cm) de las plantas de teca de seis meses, en la asociación teca-crotalaria. Tratamientos: con AV (crotalaria) y testigo (sin AV). Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).

bo un ligero aumento en los dos tratamientos, más alto en AV, y otro mayor para el tercero, pero sus valores en este último fueron similares. A los 30 dd de la incorporación se detectó el valor más alto de la diversidad en el testigo, en tanto que se mantuvo estable en AV. Para el muestreo final, ambos descendieron. La Uniformidad (E) varió de media a alta en todo el ciclo, lo que indica que, en general, las especies presentes tuvieron abundancias relativas similares en los diferentes muestreos; los menores valores se registraron en el muestreo preliminar; a partir de entonces se observó una tendencia a incrementar hasta un mes después de incorporar el AV, observándose un ligero descenso a los dos meses.

En la Tabla 3 se concentran los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) y sus componentes: densidad (rDe), frecuencia (rFr) y dominancia (rDo) relativas, de las cinco especies de plantas que tuvieron los valores más altos en la comunidad por cada fecha de muestreo y tratamiento. En el muestreo preliminar, en los dos tratamientos aparecieron las mismas cinco especies, aunque en diferente orden. El pasto estrella tuvo los IVI más altos en los dos tratamientos, siendo superior en el testigo. En el tratamiento AV estuvieron también el pasto húmedicola, el botón de oro, el cadillo (*Desmodium incanum*) y la dormilona (*Mimosa pudica*).

Para la siembra de crotalaria, en AV los pastos

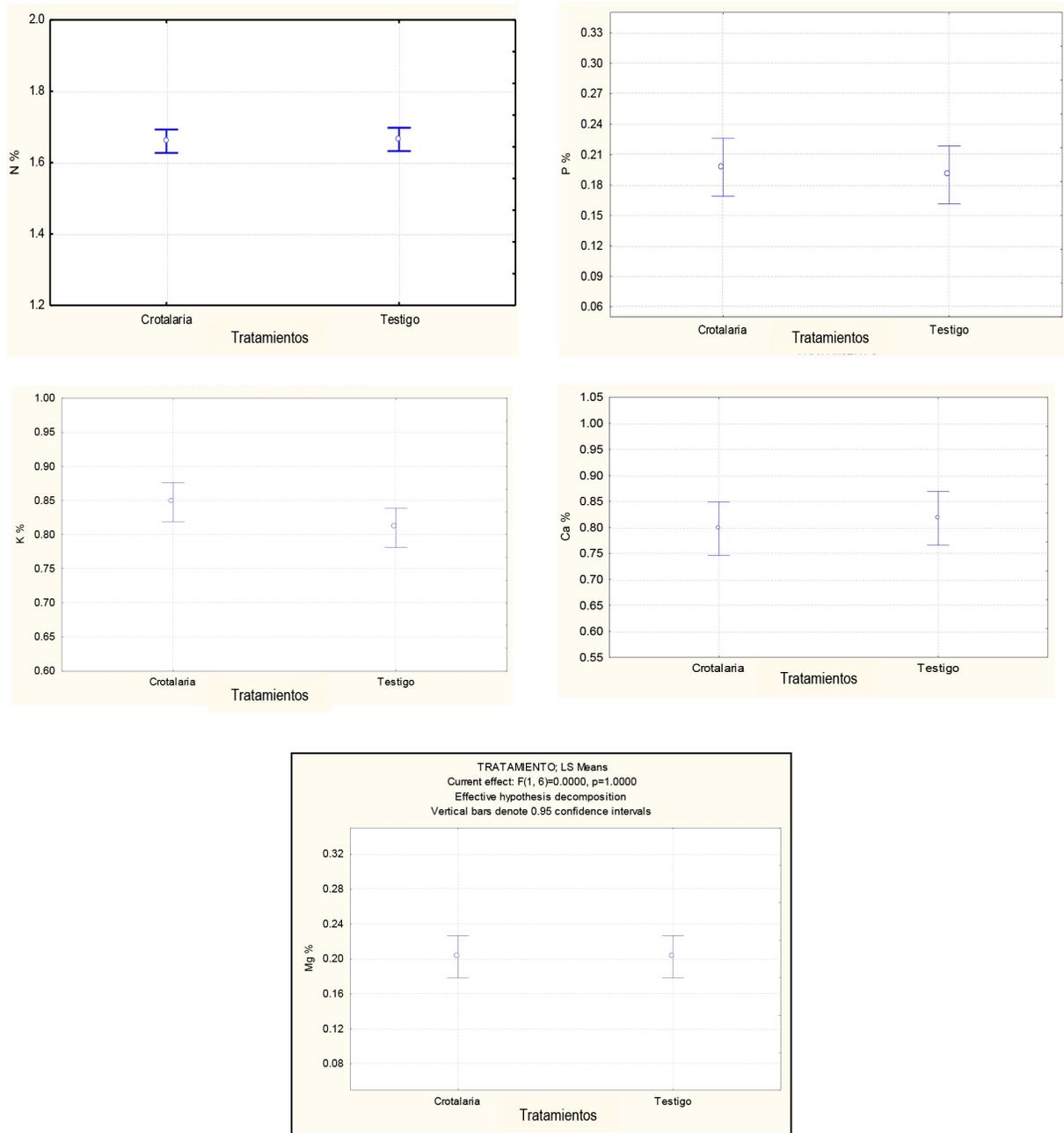


Figura 3. Concentración nutrimental (N, P, K, Ca y Mg) en plantas de teca a los seis meses de edad y en dos tratamientos: con AV (crotalaria) y testigo (sin AV). Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).

estrella y humidícola continuaron siendo las especies más importantes, seguidas por el cadillo, que superó en rFr al humidícola y en rDe a los dos pastos, donde también figuró la campanita (*Ipomoea purpurea*); *Lindernia crustacea* apareció en los dos tratamientos,

siendo la más importante en el testigo.

A los 15 dd de incorporar la crotalaria, entre las especies más importantes en AV apareció la tripa de pollo (*Commelina erecta*) y en los dos tratamientos la chibolita (*Hyptis brevipes*) y la navajuela (*Scle-*

Tabla 2. Especies de arvenses registradas en cinco muestreos en la asociación teca-crotalaria: Tratamientos: con (AV) y testigo (T) sin abono verde.

Familia	N°	Genero	N°	Especie	N°	05/08/20	23/09/20	05/12/20	20/12/20	20/01/21	
						AV	T	AV	T	AV	T
Dicotiledóneas											
Astereaceae	1	<i>Acmella</i>	1	<i>Acmella repens</i> (Walter) Rich.	1	x	x	x	x	x	x
		<i>Ageratum</i>	2	<i>Ageratum houstonianum</i> Mill.	2			x	x	x	x
		<i>Emilia</i>	3	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	3			x	x	x	x
Convolvulaceae	2	<i>Camonea</i>	4	<i>Camonea umbellata</i> (L.) A.R.Simões & Staples	4			x	x	x	x
		<i>Ipomeoa</i>	5	<i>Ipomeoa purpurea</i> (L.) Roth	5					x	x
Cucurbitaceae	3	<i>Melothria</i>	6	<i>Melothria pendula</i> L.	6					x	
Euphorbiaceae	4	<i>Acalypha</i>	7	<i>Acalypha arvensis</i> Poepp.	7				x		x
		<i>Caperonia</i>	8	<i>Caperonia palustris</i> (L.) A.St.-Hil.	8				x		
Fabaceae	5	<i>Desmodium</i>	9	<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC	9	x	x	x		x	x
			10	<i>Desmodium triflorum</i> (L.) D.C	10			x		x	
		<i>Vigna</i>	10	<i>Vigna vexillata</i> (L.) A. Rich.	11						x
		<i>Mimosa</i>	11	<i>Mimosa pudica</i> L.	12	x	x	x		x	x
Lamiaceae	6	<i>Hyptis</i>	12	<i>Hyptis brevipes</i> Poit.	13			x	x	x	x
Linderniaceae	7	<i>Lindernia</i>	13	<i>Lindernia crustacea</i> (L.) F. Muell.	14			x	x	x	x
			15	<i>Lindernia dubia</i> (L.) Pennell	15				x	x	x
Lythraceae.	8	<i>Ammannia</i>	14	<i>Ammannia coccinea</i> Rottb.	16						x
Onagraceae	9	<i>Ludwigia</i>	15	<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H.Hara	17			x	x	x	x
Phyllanthaceae	10	<i>Phyllanthus</i>	16	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	18				x	x	x
Monocotiledóneas											
Commelinaceae	11	<i>Commelina</i>	17	<i>Commelina erecta</i> L.	19				x	x	x
Cyperaceae	12	<i>Scleria</i>	18	<i>Scleria setuloso-ciliata</i> Boeckeler	20			x	x	x	x
Poaceae	13	<i>Brachiaria</i>	19	<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick	21	x	x	x	x	x	x
		<i>Chloris</i>	20	<i>Chloris virgata</i> Sw.	22			x			
		<i>Cynodon</i>	21	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	23	x	x	x	x	x	x
		<i>Paspalum</i>	22	<i>Paspalum virgatum</i> L.	24	x	x		x	x	

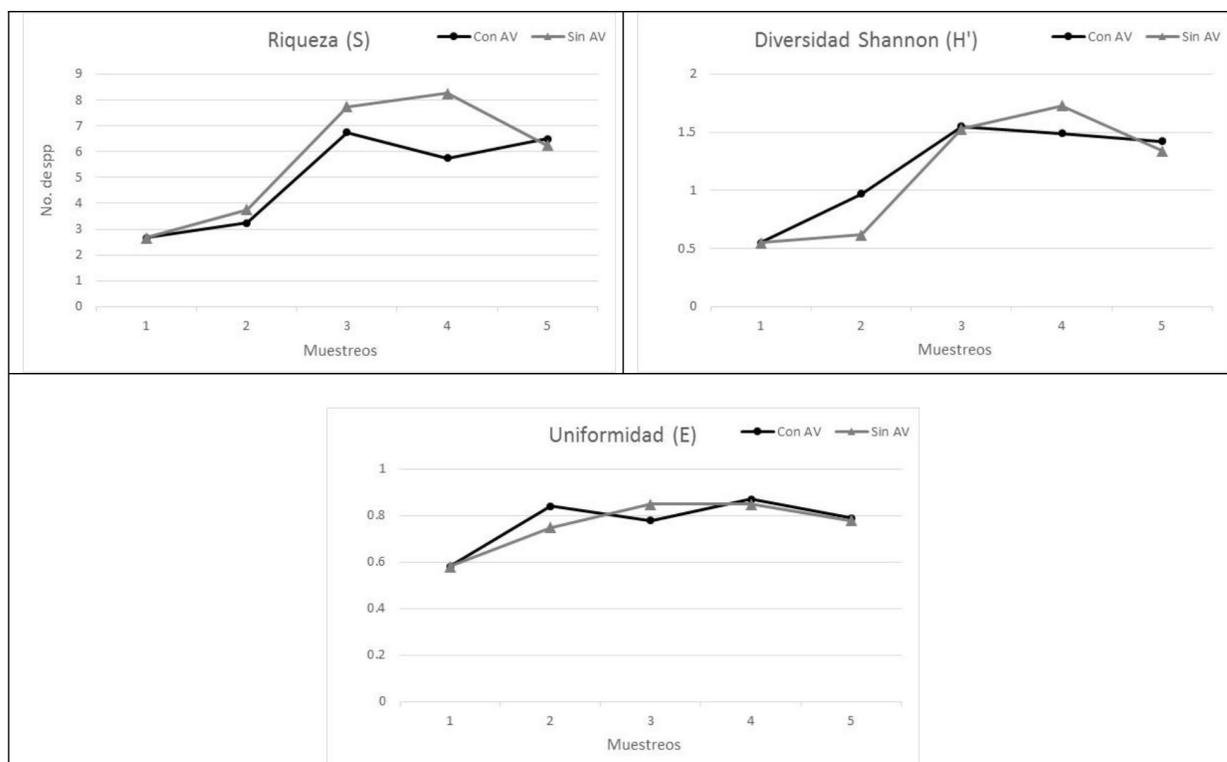


Figura 4. Comportamiento de la riqueza (S), diversidad (H') y uniformidad (E) de especies de arvenses en una asociación teca- crotalaria. Muestreos: 1) preliminar, 2) siembra del AV, 3) 15, 4) 30 y 5) 60 dd de su incorporación al suelo (05 de agosto, 23 de septiembre, 05 y 20 de diciembre de 2020, y 20 de enero de 2021).

ria *setuloso-ciliata*); en tanto que en el testigo figuró la pimpinela falsa (*Lindernia dubia*). Un mes dd de incorporada la crotalaria, en el tratamiento con AV

destaca el bejuco (*Camonea umbellata*); mientras que en el testigo apareció el pincel (*Ageratum houstonianum*). A los dos meses de la incorporación en el

Tabla 3. Índice de valor de importancia (IVI) y sus componentes: densidad relativa (rDe), frecuencia relativa (rFr) y dominancia relativa (rDo) en las especies registradas en la asociación teca-crotalaria.

Especie	rDe	rFr	rDo	IVI	Especie	rDe	rFr	rDo	IVI
	Con abono verde (AV)					Sin abono verde (S/AV)			
Muestreo inicial (05 de agosto de 2020),									
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	46.43	43.33	60.41	150.18	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	82.52	64.76	85.20	232.48
<i>Brachiaria humidicola</i>	25.93	22.22	29.30	77.45	<i>Desmodium incanum</i>	4.95	11.43	1.20	17.57
<i>Acmella repens</i>	12.04	22.22	8.04	42.30	<i>Mimosa pudica</i>	3.70	9.52	4.26	17.48
<i>Desmodium incanum</i>	11.90	6.67	0.41	18.98	<i>Brachiaria humidicola</i>	3.70	4.76	4.26	12.72
<i>Mimosa pudica</i>	3.70	5.56	1.83	11.09	<i>Acmella repens</i>	2.56	4.76	0.39	7.72
Segundo muestreo (23 de septiembre de 2020)									
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	27.45	29.41	44.60	101.46	<i>Lindernia crustacea</i>	50.68	10.34	14.35	75.38
<i>Brachiaria humidicola</i>	15.69	23.53	41.67	80.88	<i>Acmella repens</i>	19.18	20.69	17.22	57.09
<i>Desmodium incanum</i>	37.25	26.47	7.55	71.28	<i>Brachiaria humidicola</i>	6.85	17.24	26.41	50.50
<i>Lindernia crustacea</i>	9.80	5.88	1.63	17.31	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	5.48	13.79	21.81	41.09
<i>Ipomoea purpurea</i>	5.88	8.82	2.60	17.31	<i>Mimosa pudica</i>	2.74	6.90	3.16	12.79
Tercer muestreo (05 de diciembre de 2020)									
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	10.78	20.37	34.76	65.91	<i>Lindernia crustacea</i>	27.95	10.14	22.3	60.41
<i>Hyptis brevipes</i>	24.51	16.67	14.44	55.61	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	6.30	17.39	23.20	46.89
<i>Commelina erecta</i>	3.92	7.41	21.92	33.25	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	18.90	10.14	15.46	44.51
<i>Lindernia crustacea</i>	17.65	9.26	5.561	32.47	<i>Lindernia dubia</i>	20.87	10.14	7.73	38.74
<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	10.78	11.11	05.88	27.78	<i>Hyptis brevipes</i>	8.27	11.59	8.84	28.70
Cuarto muestreo (20 de diciembre de 2020)									
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	18.03	31.81	41.16	91.01	<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	41.01	6.90	7.56	55.47
<i>Hyptis brevipes</i>	26.22	13.63	7.48	47.35	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	3.60	8.62	18.07	30.28
<i>Commelina erecta</i>	8.20	11.36	15.43	34.99	<i>Lindernia crustacea</i>	15.11	8.62	3.78	27.51
<i>Lindernia dubia</i>	16.39	11.36	5.145	32.90	<i>Hyptis brevipes</i>	7.19	12.07	7.81	27.08
<i>Camonea umbellata</i>	11.47	6.82	3.46	21.75	<i>Ageratum houstonianum</i>	7.19	10.34	8.40	25.94
Quinto muestreo (20 de enero de 2021)									
<i>Acmella repens</i>	32.79	32.79	18.23	83.80	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	24.70	25.00	41.76	91.45
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	13.11	13.11	35.65	61.87	<i>Brachiaria humidicola</i>	13.58	8.33	25.27	47.19
<i>Commelina erecta</i>	19.67	19.67	10.88	50.23	<i>Acmella repens</i>	18.52	16.67	7.03	42.22
<i>Ageratum houstonianum</i>	13.11	13.11	12.92	39.15	<i>Commelina erecta</i>	17.28	10.42	5.38	33.08
<i>Hyptis brevipes</i>	10.65	10.65	7.48	28.79	<i>Ageratum houstonianum</i>	3.70	6.25	6.04	16.00

tratamiento AV destacaron el botón de oro, el pasto estrella, la tripa de pollo, el pincel y la chibolita; y en el testigo los pastos estrella y humidícola, el botón de oro, la tripa de pollo y el pincel.

DISCUSIÓN

De acuerdo con Palma-López *et al.* (2007) los suelos de la unidad de Gleysol Eutric Clayic Vertic (GL-eu.ce.vr) se caracterizan por presentar un horizonte superficial A ócrico y otros C gléyicos, bajo contenido (<1%) de MO, altos contenidos de nutrientes para las plantas dentro de los 50 cm superficiales y textura media. Su fertilidad varía de moderada a alta y prácticamente no tienen problemas de erosión, pero sí grandes limitaciones por inundaciones frecuentes. Se ubica en la Clase V por estar seriamente restringido a cultivos tolerantes a exceso de humedad. Según Alvarado y Mata (2013), el suelo

en estudio es adecuado, ya que la planta de teca se adapta bien a suelos con pH que van de ácidos a neutros. El contenido de MOS es un indicador clave de la fertilidad del suelo, representa una fuente de energía para los organismos heterótrofos y es una fuente importante de nutrientes, principalmente de N para las plantas (Ladha *et al.* 2020). La relación C/N (10.6) indica que hay una buena mineralización y, por lo tanto, una pronta disponibilidad de Ni; ya que valores entre 10 y 14 estimulan la actividad microbiana, en tanto que, con valores más bajos, las operaciones de compostaje requieren de un mayor esfuerzo para lograr una mezcla de materiales (Gamarrá *et al.* 2017). La densidad aparente (1.25 t m^{-3}), la textura franco-arcillosa, y el P-Olsen (9.5 mg kg^{-1}) presentaron valores usuales en los sistemas naturales del estado de Tabasco y en suelos con pH superiores a 5.5 (Palma-López *et al.* 2007). El suministro de P estimado está en el orden de los 37 kg ha^{-1} , cantidad

suficiente para el óptimo crecimiento y desarrollo de la teca en etapa temprana (Balám-Che *et al.* 2015). El valor de CIC indica buen contenido de arcilla, pero el porcentaje de saturación de bases (52.8) está afectado por los contenidos bajos de K y Mg, pero no de Ca, cuya concentración fue alta ($12.1 \text{ Cmol}_{(c)} \text{ kg}^{-1}$). Dada la importancia que tienen estos nutrimentos en la nutrición de la teca, es necesario mantener la atención en ellos (Alvarado y Mata 2013, Vaides-López *et al.* 2019), ya que, si se favorecen sus contenidos, se mejora el porcentaje de saturación de bases del suelo, lo que podría beneficiar el crecimiento de la teca (Zaizhi *et al.* 2016). Los micronutrientes presentaron concentraciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo de la teca, los Gleysoles suelen ser ricos en estos elementos, y pueden soportar cultivos forestales, después de bajar el manto freático con canales de drenaje profundos (IUSS-WRB 2015, Fernández-Moya *et al.* 2015).

El único parámetro que presentó diferencia estadística entre tratamientos a los dos meses de incorporada la crotalaria fue el Ni, que está estrechamente asociado a la MO y Nt del suelo, su contenido suele presentar poca variación con la incorporación de residuos, lo que puede deberse a que en el suelo existen suministros de miles de kg ha^{-1} , mientras que los aportes del abono verde, aunque halagadores, en el contexto numérico son pequeños (Magaña-Valenzuela *et al.* 2020). No obstante lo anterior, la incorporación de MO a través de abonos verdes en sistemas agrícolas debe ser una estrategia recurrente en favor de mantener la productividad de los suelos, dado el papel que ésta juega en su fertilidad (Balám-Che *et al.* 2015). El incremento del valor de Ni en el testigo (31.5 mg kg^{-1}) pudo estar influenciado por la exposición de los materiales orgánicos generados por la labranza del suelo y, en el caso del tratamiento con AV, el incremento del nitrógeno disponible (35.5) se pudo deber tanto a la mecanización, como a la incorporación del mismo. El incremento del suministro de N por la mineralización se da en un corto plazo; sin embargo, la exposición de la MO preservada de la degradación microbiana por la alteración de la estructura del suelo, reduce los depósitos de N y C, con consecuencias negativas para la calidad del suelo en

el largo plazo (Kristensen *et al.* 2003).

El pH no mostró diferencias entre tratamientos, ni con respecto al muestreo inicial (5.5). En este contexto, Wehr *et al.* (2017) mencionan que la teca es relativamente tolerante a un pH bajo (pH 4.4) y concentraciones de Al intercambiable moderadamente altas ($1 \text{ cmol}_{(c)} \text{ kg}^{-1}$) en el suelo. El comportamiento de las bases de intercambio K, Ca y Mg, fue similar al del pH; si bien el Ca presentó contenidos altos, el K y Mg, que son elementos muy demandados por la teca, fueron deficitarios en el suelo (Balám-Che *et al.* 2015); además del N, las bases de intercambio son los nutrientes que más acumula esta planta, y de ellos, el K es el elemento de mayor movilidad o traslación durante todo el año (Fernández-Moya *et al.* 2015).

El peso promedio de la biomasa seca aérea de la crotalaria, 2.3 t ha^{-1} se encontró en el intervalo de lo reportado por Fall *et al.* (2020) de 2 a 5 t ha^{-1} , pero fue menor a los alcanzados por Almeida-Santos *et al.* (2019) y Magaña-Valenzuela *et al.* (2020), que fueron 6.56 y 7.16 t ha^{-1} , respectivamente. La variación de los rendimientos de la crotalaria depende de factores como el manejo agronómico, la latitud y la variación climática de las diferentes estaciones del año (Kasirajan *et al.* 2021, Maldonado-Peralta *et al.* 2022). Las concentraciones de N (2.83), P (0.26) y K (0.53) del AV fueron superiores a las reportadas por Almeida-Santos *et al.* (2019), 2.5, 0.63 y 0.30, respectivamente; sin embargo, fueron inferiores a las de Jiménez-Suárez *et al.* (2005) (N:3.70 P:0.36 y K:2.25).

Aunque la biomasa aérea de la crotalaria acumuló, a los 60 días, 65.1 , 6.0 y 12.2 kg ha^{-1} de N, P y K, respectivamente, estas cantidades fueron menores a las reportadas por otros autores (Almeida-Santos *et al.* 2019, Fall *et al.* 2020), el uso de AV es una excelente alternativa, pues la aplicación de fertilizantes nitrogenados sintéticos queda limitada para los pequeños productores debido a sus altos costos, además de tener efectos adversos, como la producción y lixiviación de nitratos que contaminan los mantos freáticos y tienen efectos negativos en la salud humana (Castro-Rincón *et al.* 2018).

La incorporación de crotalaria no ejerció efecto

en la altura (36.01 cm) y el diámetro (1.19 cm) de las plantas de teca a los seis meses, ya que los valores fueron mucho menores a los reportados en otros estudios, donde se observaron alturas superiores a 80 cm y diámetros mayores a 5 cm (Alvarado y Mata 2013, Balám-Che *et al.* 2015). El crecimiento de la teca, sembrada en campo cuando medía 15 cm, probablemente se vio afectado por la presencia de precipitaciones de más de 400 mm que se tuvieron en la zona en el mes de noviembre; aunque la teca crece y se desarrolla favorablemente en sitios con precipitaciones promedio entre 1 250 y 3 750 mm anuales (Vaidés-López *et al.* 2019). Deben evitarse los suelos mal drenados, en particular los Vertisoles de depresión, con problemas de anegamiento por períodos prolongados, siendo los mejores suelos los fértiles, drenados y profundos (Alvarado y Mata 2013).

La concentración nutrimental (N, P, K, Ca y Mg) en las hojas de teca no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos. Los contenidos de todos los nutrimentos son considerados como suficientes; sin embargo, si se tiene en cuenta que en el suelo se detectó la deficiencia de algunos elementos mayores, es de esperar que se observen valores insuficientes, sobre todo en Mg que no fue considerado en la dosis de fertilización y que, junto con el K, fueron marcadamente deficitarios; ya que la demanda de nutrientes en la teca es generalmente $Ca > K > N > P > Mg$ (Alvarado y Mata 2013). Otra probable razón del crecimiento menor a lo esperado de la teca, tal vez se debió al estrés hídrico que limitó la demanda de nutrientes, aunado a la corta edad que tenían las plantas cuando se realizó el muestreo. Ya que la mayor tasa de absorción de nutrientes de teca se da después del primer año y aumenta constantemente conforme a la edad (Kumar 2014).

La composición florística de la comunidad de arvenses consistió de 24 especies, 22 géneros y 13 familias, las mejor representadas fueron Fabaceae y Poaceae; 18 especies (75%) son dicotiledóneas, resultados que coinciden con Naranjo-Landero *et al.* (2020). El botón de oro y los pastos humidícola y estrella destacaron por estar presentes prácticamente en todo el periodo y en los dos tratamientos

en las cinco fechas. La riqueza de especies fue, en general baja, tendiendo a incrementar hasta un mes después de la incorporación del AV; en todos los muestreos, excepto el último, fue mayor en el testigo por no tener la competencia de la leguminosa; contrariamente, los valores bajos de AV eventualmente fueron resultado de la presión ocasionada por el crecimiento, desarrollo e incorporación del mismo, además de su velocidad para desarrollar biomasa (Ruiz y Molina 2014). La diversidad (H') fue baja todo el ciclo estudiado, el valor más alto se registró un mes después de incorporar la crotalaria en el testigo, para disminuir en el muestreo final. Indudablemente, la baja diversidad estuvo influenciada por la poca riqueza de especies (Magurran 1988). La Uniformidad (E) varió de media a alta. Los valores de S fueron menores y los de E similares a los reportados por Jiménez-Romero *et al.* (2020) en plantaciones de teca en Ecuador, resaltando que se trata de comunidades pobres, debido a que han sido modificadas recientemente.

En cuanto al índice de valor de importancia (IVI), en el muestreo preliminar, en los dos tratamientos las cinco especies más importantes fueron las mismas, aunque en diferente orden. Los pastos estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y humidícola (*Brachiaria humidicola*), de origen africano introducidos como cultivo para alimento de ganado bovino, poseen características que les confieren un alto potencial de invasión, alcanzan altas densidades poblacionales, su polinización es anemófila y se propagan vegetativamente, produciendo un gran número de pequeñas semillas que se dispersan fácilmente (Chacón y Saborío 2006). El botón de oro (*Acmella repens*) es nativa, perenne, común de sitios húmedos, con una amplia distribución en zonas templadas y tropicales y florece en todo el año (Vibrans 2012). El cadillo (*Desmodium incanum*) es una planta procumbente con desarrollo de estolones que facilitan su propagación y la dispersión de las semillas, habita en ambientes variados, suelos labrados de acidez media y baja fertilidad, pero es considerada como una forrajera de muy buena calidad (Vibrans 2012). La dormilona (*Mimosa pudica*) prospera en suelos perturbados, con contenidos nutrimentales bajos; su

propagación es favorecida por la quema repetida (Vibrans 2012).

Para la fecha de siembra de la crotalaria apareció, en los dos tratamientos *Lindernia crustacea*, que ha sido poco mencionada como maleza; aunque en Asia se considera un problema importante en campos de arroz por soportar condiciones de inundación; además de propagarse asexualmente, se ve favorecida por la preparación del suelo y las prácticas de cultivo (Gámez-López et al. 2014). En el tratamiento AV surge la campanita (*Ipomoea purpurea*), que ha sido reportada en cultivos agrícolas, hortícolas y de vivero, su reproducción se basa en la polinización de insectos, pero puede autopolinizarse, hasta en un 30% (Halvorson 2003).

A los 15 días de incorporar la crotalaria se registró, en los dos tratamientos, a la chibolita (*Hypoxis brevipes*), que florece durante todo el año, es polinizada por abejas y otros himenópteros, su desarrollo requiere humedad y temperaturas cálidas continuas, aunque puede tolerar sombra parcial; es maleza de cultivos de plantación y arroz, ampliamente distribuida en regiones tropicales (Parker y Acevedo-Rodríguez 2019). También se localiza la navajuela (*Scleria setuloso-ciliata*), común en suelos húmedos de pantano, orillas de arroyos y canales; es abundante en el cultivo de arroz donde, además de competir con él, sus hojas cortantes dificultan su control manual; sin embargo, se ha reportado que su biomasa puede servir para mejorar el suelo en sitios húmedos (Vibrans 2012). En el tratamiento AV aparece la tripa de pollo (*Commelina erecta*), que ha sido referida como maleza en arroz, café, caña, cítricos, ornamentales y plátano; al respecto, Nisensohn et al. (2011) mencionan que las plantas provenientes de rizomas producen mayor cantidad de biomasa que las que se desarrollaron a partir de semillas. En el testigo figura la pimpinela falsa (*Lindernia dubia*), planta común de prados, bordes de estanques, lagos, arroyos, hábitats alterados, húmedos a inundados. En Asia es una maleza nociva en arrozales, donde se ha vuelto resistente a herbicidas de uso común; muestra una gran plasticidad morfológica, especialmente en los caracteres vegetativos, de modo que puede haber variación entre las partes sumergidas y

emergentes de una misma planta (Lewis 2020).

Al mes de incorporar la crotalaria en el tratamiento AV aparece el bejuco (*Camonea umbellata*), común de áreas abiertas en campos, plantaciones y cuerpos de agua; sus flores permanecen abiertas durante todo el día y son polinizadas por abejas. Lo anterior, debido a que es una enredadera de rápido crecimiento que se arrastra por el suelo o trepa por hierbas, arbustos y árboles formando cortinas que pueden sofocar o impedir el crecimiento de otras plantas (Areces-Berazain 2018); además de generar compuestos fenólicos inhibidores de la germinación, lo que sugiere que tiene acción alelopática como mecanismo de competencia (Yan et al. 2010). En el tratamiento AV se encontró al pincel (*Ageratum houstonianum*); la cual es abundante en campos cultivados con café y caña de azúcar, lugares húmedos, soleados o sombreados, en caminos y jardines; se le reporta como una maleza muy difícil de erradicar por su abundancia, alta resistencia y fácil diseminación (Vibrans 2012). El pasto estrella fue, por mucho, la especie de mayor importancia, siempre estuvo entre los cinco IVI más altos en los dos tratamientos y fue la primera en AV, siendo una gramínea bien adaptada a los trópicos y subtropicos, rizomatosa y estolonífera de profundas raíces, tiene capacidad para controlar el desarrollo de otras plantas y servir de cobertura del suelo (Martinez-Viloria 2019). Otras especies que estuvieron bien representadas fueron el pasto humidícola, el botón de oro, la chibolita y *L. crustacea*, aunque parece ser que su presencia estuvo más relacionada con condiciones ambientales características de la época lluviosa, pues coincidieron en áreas inundadas (Obrador-Olán et al. 2019).

CONCLUSIONES

La asociación teca-crotalaria no tuvo influencia en los parámetros de suelo estudiados, con excepción del Ni, que mostró diferencias significativas entre los tratamientos con y sin incorporación de AV. Tampoco entre tratamientos en las variables morfológicas altura y diámetro, ni en la concentración nutrimental de la teca a los seis meses de edad, aunque el

análisis foliar mostró que los nutrientes: N, P, K, Ca y Mg, se encontraron en el intervalo de suficiencia en los dos tratamientos. La comunidad de arvenses fue de 24 especies, con baja riqueza y diversidad, solo

ligeramente mayor en donde no se incorporó AV. Las especies con mayor IVI, fueron el pasto estrella, el pasto humidícola, el botón de oro, la chibolita y *L. crustacea*.

LITERATURA CITADA

- Almeida-Santos LE, Obrador-Olán JJ, García-López E, Castelán-Estrada M, Carrillo-Ávila E (2019) Cultivo e incorporación de *Crotalaria juncea* L. en un suelo cañero de la Chontalpa. Agroproductividad 12: 87-93.
- Alvarado A, Mata R (2013) Condiciones de sitio y la silvicultura de la teca. En: Camino R, Morales-Aymerich JP (eds) Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Boletín Técnico 397: 54-83.
- Areces-Berazain F (2018) *Merremia umbellata* (hogvine). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CABI. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/33477>. Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021.
- Arteaga MB, Castelán ML (2008) Evaluación dasométrica temprana de una plantación agroforestal de tres especies introducidas en el municipio de Huehuetla, Hidalgo. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 14: 105-111.
- Balám-Che M, Gómez-Guerrero A, Vargas-Hernández J, Aldrete A, Obrador-Olán JJ (2015) Fertilización inicial de plantaciones comerciales de teca (*Tectona grandis* Linn F.) en el sureste de México. Revista Fitotecnia Mexicana 38: 205-212.
- Castro-Rincón E, Mojica-Rodríguez JE, Carulla-Fornaguera JE, Lascano-Aguilar CE (2018) Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderos del trópico. Agronomía Mesoamericana 29: 711-729.
- Chacón E, Saborío RG (2006) Análisis taxonómico de las especies de plantas introducidas en Costa Rica. Lankesteriana 6: 139-147.
- CONAFOR (2019) El Sector Forestal Mexicano cifras 2019. CONAFOR, 104. Comisión Nacional Forestal <http://www.gob.mx/conafor/El-Sector-Forestal-Mexicano-cifras>. Fecha de consulta: 27 de abril de 2021.
- Concenco G, Leme-Filho JRA, Silva CJ, Marques RF, Silva LBX, Correia IVT (2016) Weed occurrence in sugarcane as function of variety and ground straw management. Planta Daninha 34: 219-28.
- Escamilla-Hernández N, Obrador-Olán JJ, Carrillo-Ávila E, Palma-López D (2015) Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. Fitotecnia Mexicana 38: 329-333.
- Fall T, Freidenreich A, Swartz S, Vincent C, Li Y, Brym Z (2020) Questions and answers for using sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) as a green manure cover crop. Agronomy Department. University of Florida. USA. 4p. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AG443>. Fecha de consulta: 24 de octubre de 2021,
- Fernández-Moya J, Alvarado A, Mata R, Thiele H, Segura JM, Vaides E, San-Miguel-Ayanz A, Marchamalo-Sacristán M (2015) Soil fertility characterization of teak (*Tectona grandis* L.f.) plantations in Central America. Soil Research 53: 423-432.
- Gamarra-Lezcano CC, Díaz-Lezcano MI, Vera de Ortíz M, Galeano MP, Cabrera-Cardús AJN (2017) Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 9: 4-26.

- Gámez-López LA, Hernández J, Díaz R, Vargas J (2014) Flora arvense asociada a un agroecosistema tipo conuco en la comunidad de Santa Rosa de Ceiba Mocha en el estado Guárico. *Bioagro* 26: 177-182.
- Gerding V (2015) Control de malezas en plantaciones forestales de especies nativas. En: Donoso P, Navarro C, Soto D, Gerding V, Thiers O, Pinares J, Escobar B, Sanhueza MJ (eds) Manual de plantaciones de raulí (*Nothofagus alpina*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*) en Chile. Universidad Austral de Chile-Universidad Católica de Temuco. Chile. pp: 45-61.
- Halvorson WL (2003) Factsheet for: *Ipomoea purpurea*. USGS Weeds in the West Project: Status of Introduced Plants in Southern Arizona Parks. http://sdrsnet.snr.arizona.edu/data/sdrs/ww/docs/ipom_spp.pdf. Fecha de consulta: 15 de octubre de 2021
- IUSS-WRB Working Group (2015) World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. World Soil Resources. FAO. Reports No. 106. Rome. 192p.
- Jiménez-Romero EM, Crespo-Gutiérrez RS, Cuaquer-Fuel E, Chevez-Alejandro AP (2020) Relación de arvenses en plantaciones de *Tectona grandis* L.f. (teca) y su banco de semillas en la zona central del Litoral Ecuatoriano. *Centrosur* 1: 69-91.
- Jiménez-Suárez AM, Farfán-Valencia F, Morales-Londoño CS (2005) Biomasa seca y contenido de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida* empleadas como abonos verdes en cafetales. *Genicafé* (Colombia) 56: 216-236.
- Kalra P (1998) Handbook of reference methods for plant analysis. Soil and Plant Analysis Council, Inc. CRC Press. USA. 287p.
- Kasirajan S, Veeramani P, Zhou WJ (2021) Does heat accumulation alter crop phenology, fibre yield and fibre properties of sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.) genotypes with changing seasons? *Journal of Integrative Agriculture* 20: 2395-2409
- Khan I, Khan MI (2015) Técnicas ecológicas de control de malezas (extracto alelopático) en el cultivo de trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1307-1316.
- Kristensen HL, Deboz K, McCarty GW (2003) Short-term effects of tillage on mineralization of nitrogen and carbon in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 35: 979-986.
- Kumar JK (2014) Temporal patterns of storage and flux of N and P in young teak plantations of tropical moist deciduous forest, India. *Journal of Forestry Research* 25: 75-86.
- Ladha JK, Jat ML, Stirling CM, Chakraborty D, Pradhan P, Krupnik TJ, Sapkota TB, Pathak H, Rana DS, Tesfaye K, Gerard K (2020) Achieving the sustainable development goals in agriculture: the crucial role of nitrogen in cereal-based systems. *Advances in Agronomy* 163: 39-116.
- Lewis D (2020) *Lindernia dubia* (Linnaeus) Pennell. Flora of North America. Vol 27. http://floranorthamerica.org/Lindernia_dubia. Fecha de consulta: 14 de octubre de 2021.
- Maldonado-Peralta MA, Ríos-Hilario JJ, Rojas-García AR, Hernández-Guzmán FJ, Cruz-Hernández A, Ortega-Acosta SA (2022) Growth rate, leaf:stem ratio, and height of crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) at different planting densities. *Agroproductividad*. 15: 95-101.
- Magaña-Valenzuela W, Obrador-Olán JJ, García-López E, Castelán-Estrada M, Carrillo Ávila E (2020) Rendimiento comparativo de la yuca bajo fertilización mineral y abono verde. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* 11: 1259-1271.

- Magurran A (1988) Diversidad Ecológica y su medición. Ediciones Vedra. Barcelona, España. 200p.
- Martinez-Viloria F (2019) Pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Info Pastos y Forrajes.com. <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-estrella/>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2021.
- Naranjo-Landero S, Obrador-Olán JJ, Garcia-López E, Valdez-Balero A, Dominguez-Rodriguez VI (2020) Arvenses en un suelo cultivado con caña de azucar con fertilizacion mineral y abono verde. *Polibotanica* 50: 119-135
- Nisensohn L, Tuesca D, Faccini D, Puricelli E, Vitta J (2011) Factores biológicos que determinan la competencia de *Commelina erecta* con otras malezas en sistemas de cultivo. *Planta Daninha* 29: 97-106.
- NRCCA (2008) Soil Fertility and Nutrient Management- Study Guide. Cornell University, USA. 36p.
- Obrador-Olán JJ, García-López E, Almeyda-Santos LE, Castelán-Estrada M, Carrillo Ávila E (2019) Weeds in a sugar cane soil cultivated with *Crotalaria juncea*. *Planta Daninha* 37: 1-10.
- Ojeda-Quintana LJ, Hernández-Rodríguez C, Sánchez-Cordero L, Sainz-Lombó R (2019) Respuesta de *Crotalaria juncea* (L.) a la inoculación con especies de hongos micorrízico arbusculares en un suelo pardo grisáceo. *Agroecosistemas* 7: 23-30.
- Palma-López DJ, Cisneros JD, Moreno E, Rincón-Ramírez JA (2007) Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio De Postgraduados-ISPROTAB-Fundacion PRODUCE Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 199p.
- Parker C, Acevedo-Rodríguez P (2019) *Hyptis brevipes* (lesser roundweed). Invasive species compendium. Wallingford, UK. CAB International. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/27851>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2021.
- Prager-Mósquera M, Sanclemente-Reyes OE, Sánchez de Prager M, Miller-Gallego J, Ángel-Sánchez DI (2012) Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología* 7: 53-62.
- Ruiz E, Molina D (2014) Beneficios asociados al uso de coberturas leguminosas en palma de aceite y otros cultivos permanentes: una revisión de literatura. *Palmas* 35: 53-64.
- Sadzawka RA, Carrasco RM, Demanet FR, Flores PH, Grez ZR, Mora GML, et al. (2007) Métodos de análisis de tejidos vegetales. Segunda Edición. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Serie Actas INIA N° 40. Santiago, Chile. 139p.
- SEMARNAT (2002) Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2002. Mexico.
- Tamarit-Urias JC, Santos-Posadas HM, Aldrete A, Valdez-Lazalde JR, Ramírez-Maldonado H, Guerra-Cruz, Vidal (2019) Sistema de crecimiento y rendimiento maderable para plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.) en Campeche, México. *Madera y bosques* 25(3): e2531908. DOI: 10.21829/myb.2019.2531908.
- Vaides-López E, Alvarado-Hernández A, Moya-Fernández R (2019) Characteristics that determine the growth and productivity of teak (*Tectona grandis* L. f.) of young plantations in Guatemala. *Agronomía Costarricense* 43: 135-148.
- Vibrans H (ed) (2012) Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/paginas/lista-plantas.htm>. Fecha de consulta: 01 de octubre de 2021.
- Wehr JB, Smith TE, Menzies NW (2017) Influence of soil characteristics on teak (*Tectona grandis* L. f.) establishment and early growth in tropical Northern Australia. *Journal of Forest Research* 22: 153-159.

- Yan J, Bi HH, Liu YZ, Zhang M, Zhou ZY, Tan JW (2010) Phenolic compounds from *Merremia umbellata* subsp. *orientalis* and their allelopathic effects on Arabidopsis seed germination. *Molecules* 15: 8241-8250.
- Zaizhi Z, ShiChao L, KunNan L, HuaMing M, GuiHua H (2016) Growth and mineral nutrient analysis of teak (*Tectona grandis*) grown on acidic soils in south China. *Journal of Forestry Research* 28: 503-511.