



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONTROL DE ARVENSES Y NUTRICIÓN DE NPK EN UN SISTEMA AGROFORESTAL TECA-CROTALARIA

MARIELA GUADALUPE MAZA LANDERO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS


H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO


2021


La presente tesis titulada: “**Control de arvenses y nutrición de NPK en un sistema agroforestal teca-crotalaria**”, fue dirigida por la Dra. Eustolia García López Profesora Investigadora Adjunta del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.


MAESTRA EN CIENCIAS
POSTGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

Consejera: 
DRA. EUSTOLIA GARCÍA LÓPEZ

Asesor: 
DR. MEPIVOSETH CASTELÁN ESTRADA

Asesor: 
DR. JOSÉ JESÚS OBRADOR OLÁN

Asesor: 
DR. EUGENIO CARRILLO ÁVILA

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2021

“Control de arvenses y nutrición de NPK en un sistema agroforestal teca-crotalaria”,

Mariela Guadalupe Maza Landero, MC

Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, 2021

RESUMEN

La teca (*Tectona grandis* L.f.) es una planta maderable de rápido crecimiento, cuya madera es muy valorada por su dureza y durabilidad. En México, la superficie cultivada con esta especie se ha incrementado en las últimas dos décadas, y se han propuesto algunas prácticas, como el cultivo e incorporación de abonos verdes (AV) para asegurar la sustentabilidad del ecosistema, minimizando los daños ambientales. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la asociación teca-crotalaria sobre la fertilidad del suelo, el crecimiento (altura y diámetro) y la nutrición de la teca en etapa temprana, y en la comunidad de arvenses. La investigación se llevó a cabo entre agosto de 2020 y enero de 2021 en el poblado C-34 Lic. Benito Juárez, Huimanguillo, Tabasco, México, utilizando un diseño de bloques completos al azar con dos tratamientos y cuatro repeticiones. Se realizaron muestreos y análisis químicos y físicos foliares y de suelos, y un análisis de varianza para evaluar la fertilidad de suelos y el rendimiento del AV crotalaria (*Crotalaria juncea* L.). Se realizaron cinco muestreos de arvenses, registrándose el número de especies, de individuos y cobertura por especie, calculándose la riqueza (S), diversidad (H'), uniformidad (E) y el índice de valor de importancia (IVI) de las especies registradas. La asociación teca-crotalaria no tuvo influencia en los parámetros de suelo estudiados, excepto en el nitrógeno inorgánico (Ni), que mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Tampoco las variables morfológicas, altura y diámetro, presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. El análisis foliar de la teca a los seis meses no mostró diferencias estadísticas en la concentración nutrimental de N, P, K, Ca y Mg, en los dos tratamientos estudiados, todos los contenidos estuvieron en el intervalo de suficiencia. La composición florística de la comunidad de arvenses correspondió a 24 especies, 20 géneros y 13 familias; las mejor representadas fueron Fabaceae y Poaceae; los valores de S y H' fueron, en general, bajos, aunque ligeramente mayores en la parcela sin AV, los más altos se observaron 30 dd de incorporar la crotalaria. La especie de mayor importancia fue el pasto estrella, que figuró todo el ciclo entre las cinco con mayor IVI, sobre todo en la parcela AV; el pasto humidícola y el botón de oro, que se registraron todo el ciclo, la chibolita y *Lindernia crustacea*, fueron también importantes, aunque su presencia estuvo más relacionada con la época lluviosa.

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

“Weed control and NPK nutrition in a teca-crotalaria agroforestry system”.

Mariela Guadalupe Maza Landero, MC

Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, 2020

ABSTRACT

Teak (*Tectona grandis* L.f.) is a fast-growing timber plant, whose wood is highly valued for its hardness and durability. In Mexico, the area cultivated with this species has increased in the last two decades, and some practices have been proposed, such as the cultivation and incorporation of green manures (GM), to ensure the sustainability of the ecosystem, minimizing environmental damage. The aim of this research was to evaluate the effect of the teak-crotalaria association on soil fertility, growth (height and diameter) and nutrition of teak at an early stage, and in the weed community. The research was carried out between August 2020 and January 2021 in poblado C-34 Lic. Benito Juárez, Huimanguillo, Tabasco, Mexico, using a randomized complete block design with two treatments and four repetitions. Sampling and chemical and physical analysis of the foliage and soil, and an analysis of variance were carried out to evaluate the fertility of the soils and the yield of the GM (*Crotalaria juncea* L.). Five weed samplings were carried out, registering the number of species, individuals and coverage by species, calculating the richness (S), diversity (H'), uniformity (E) and the importance value index (IVI) of the species registered. The teak-crotalaria association had no influence on the studied soil parameters, except for Ni, which showed significant differences between the treatments. Neither the morphological variables, height and diameter, presented statistical differences between treatments. The foliar analysis of teak at six months did not show statistical differences in the nutritional concentration of N, P, K, Ca and Mg, in the two treatments studied, all the contents were in the sufficiency interval. The floristic composition of the weed community corresponded to 24 species, 20 genera and 13 families; the best represented were Fabaceae and Poaceae; S and H' values were, in general, low, although slightly higher in the plot without GM, the highest were observed 30 dd of incorporating the crotalaria. The most important species was star grass, which was among the five with the highest IVI throughout the cycle, especially in the GM plot; the humidicola grass and the buttercup, which were recorded throughout the cycle, the chibolita and *Lindernia crustacea*, were also important, although their presence was more related to the rainy season.

Keywords: green manure (GM), nutrition, nutrient concentration, diversity, importance value index (IVI)

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Tabasco por haberme permitido realizar la Maestría en Producción Agroalimentaria en el Trópico.

A la Dra. Eustolia García López, Profesora Investigadora del Campus Tabasco, por todo su apoyo, su paciencia, su experiencia, a quien admiro y aprecio, ya que, durante la realización de mi proyecto jamás me dejó de alentar y dedicó con gran atención su valioso tiempo a mi formación, por sus indicaciones y orientaciones indispensables en el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. José de Jesús Obrador Olán, por todo su apoyo, sus palabras de aliento, sus consejos, por su paciencia, por su tiempo, por haberme guiado en este proyecto, y sobre todo por la amistad brindada.

Al Dr. Mepivoseh Castelán Estrada, por sus consejos, paciencia y amistad brindada.

Al Dr. Eugenio Carrillo Ávila, por su paciencia, por su amistad, por su constante apoyo.

Agradezco a mis dos grandes amigos Sandra Patricia Santiago Francisco y Claudio Ulises Mena Sánchez, quienes hicieron esta etapa un poco más amena y grata, agradezco todo su apoyo y palabras de aliento cada día, y sobre todo gracias por la amistad.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme vivir y ver concluir esta maravillosa experiencia en mi vida, y llenarme de bendiciones cada día de mi vida.

A mis padres; Sra. Marbella Landero Arcos y Sr. Jesús Alejandro Maza, por apoyarme y acompañarme en cada etapa de mi vida.

A mis hijos que, aunque no lo noten, son un motivo para seguir creciendo académicamente.

Y finalmente, a Juan de la Cruz Ricardez, por creer y confiar en mí, quien está a cada día y a cada paso apoyándome, por su amor y cariño, por su entrega, sus ánimos, sus consejos, por siempre estar para mí en las buenas y las malas.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
Los bosques	2
Plantaciones Forestales Comerciales	3
Importancia de las plantaciones forestales	3
Antecedentes sobre la teca	4
Descripción botánica de la teca.....	5
Requerimientos edafoclimáticos:	7
Malezas.....	7
Abono verde	8
Otras ventajas del uso de los AV y coberturas vivas	8
Crotalaria juncea L.....	9
Requerimientos de suelos y clima:.....	9
Descripción botánica de la planta.....	9
Origen y distribución.....	10
CAPÍTULO III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	11
Objetivo general	11
Objetivo específicos	11
CAPÍTULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS	12
El área de estudio	12
Diseño experimental.....	13
Seguimiento de la crotalaria.....	14
Análisis estadístico.....	16
Seguimiento a la composición florística de la comunidad de arvenses	16
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
Caracterización del suelo	18
Rendimiento de la biomasa aérea del abono verde <i>Crotalaria juncea</i>	25
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.).....	4
Cuadro 2. Análisis de fertilidad del suelo de la parcela en estudio (0-30 cm de profundidad), previo al establecimiento de la teca.....	22
Cuadro 3. Listado florístico de las especies de arvenses encontradas en un sistema agroforestal teca-crotalaria: Tratamientos: con (CAV) y sin (SAV) abono verde.....	31
Cuadro 4. Índice de valor de importancia (IVI) y sus componentes: densidad relativa (DeR), Frecuencia relativa (FR) y dominancia relativa (DoR) de las especies registradas en los muestreos en el agroecosistema teca-crotalaria.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Tectona grandis</i> L.f. Fuente: Selvan (2007).....	6
Figura 2: <i>Crotalaria juncea</i> L. Fuente: Avendaño (2011).....	10
Figura 3. Ubicación del Área de Estudio en el Poblado C-34 Lic. Benito Juárez, Huimanguillo Tabasco.	12
Figura 4. Croquis de la parcela experimental de la plantación de teca. El diseño experimental fue de bloques al azar, con dos tratamientos y cuatro repeticiones. Tratamiento T1: S/AV, cultivo de teca sin abono verde; T2: AV cultivo de teca con abono verde (crotalaria).	13
Figura 5. Toma de muestras vegetales de <i>Crotalaria juncea</i> en etapa de floración (60 dd de germinada).....	15
Figura 6: Perfil de suelo en área de estudio C-34 Lic. Benito Juárez, Huimanguillo, Tabasco, México clasificado como Eutric Gleysol (Clayic, Vertic) Gleu (Ce,Ve). De acuerdo con la WRB (IUSS WRB Working Group, 2015).....	21
Figura 7. Comparación del comportamiento de la fertilidad del suelo en dos tratamientos, con y sin crotalaria, después de 60 días de incorporada la <i>Crotalaria</i> en la asociación con teca. Las barras verticales indican el intervalo de confianza ($p = 0.95$)......	24
Figura 8. Concentración nutrimental N, P y K (%) en <i>Crotalaria juncea</i> en etapa de floración, en las cuatro repeticiones del tratamiento con abono verde (60 dd de germinada).	26
Figura 9. Comportamiento de la altura y diámetro (cm) de las plantas de teca (semana 24), en dos tratamientos: con crotalaria (AV) y sin crotalaria (S/AV, testigo). Las barras verticales indican el intervalo de confianza ($p = 0.95$)......	27
Figura 10. Comportamiento de la precipitación pluvial ocurrida durante el mes de noviembre: Datos de la Estación Meteorológica del Poblado C-28 (27078).	28
Figura 11. Comparación de la concentración nutrimental (N, P, K, Ca y Mg) en plantas de teca a los seis meses de edad, en dos tratamientos con y sin crotalaria. Las barras verticales indican el intervalo de confianza ($p = 0.95$)......	29

Figura 12. Comportamiento de la riqueza (S) de especies de arvenses en una plantación teca-crotalaria.....33

Figura 13. Comportamiento de la diversidad (H') de especies de arvenses en una plantación teca-crotalaria.....34

Figura 14. Comportamiento de la uniformidad (E) de especies de arvenses en una plantación teca-*Crotalaria juncea*.....35

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales son la esencia de la biodiversidad y un componente estructural indispensable para la vida; algunos bosques contienen mayor biodiversidad que otros ecosistemas, pero su importancia va más allá de las especies que los forman, pues abarca los procesos que los integran y que proporcionan múltiples beneficios al ambiente, a la fauna y a la sociedad (PROFEPA, 2020). Las plantaciones forestales, caracterizadas por tener un manejo intensivo, edad uniforme, una o dos especies y haberse establecido con fines productivos, cubren alrededor de 131 millones de hectáreas, que corresponden al 3% del área forestal mundial y 45% del área total de bosques plantados. La mayor parte de éstas (99% del área total de bosques plantados) se encuentra en América del Sur y, a nivel mundial, 44% de los bosques de plantación están compuestos principalmente por especies introducidas (FAO, 2020).

México cuenta aproximadamente con 318,738 ha de plantaciones forestales comerciales (PFC), de las cuales 197,986 ha corresponden a PFC de especies maderables y 120,752 ha a PFC de especies no maderables. Las principales especies que se han establecido en las primeras son: cedro rojo, eucalipto, pino, teca y melina (CONAFOR, 2019).

La teca (*Tectona grandis* L.f.) es una planta de excelente calidad maderable, muy valorada por su dureza y durabilidad; es originaria del continente asiático (Pandey & Brown, 2000); tiene una gran variedad de usos, entre los que destacan la fabricación de muebles de calidad, chapas, pisos, puentes, embarcaderos y embarcaciones (Chaves & Fonseca, 1991).

Al igual que en los cultivos, en los sistemas de producción forestal las arvenses o 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 ya establecidas, debido a la competencia por nutrientes en las primeras etapas de desarrollo, es por ello que el principal problema al que se enfrentan los silvicultores en una plantación forestal joven es el control de malezas (Donoso *et al.*, 2015). Ladrach, (2010) recomienda controlar las malezas para evitar pérdidas económicas en la calidad de la madera.

CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

Los bosques

Los bosques son ecosistemas terrestres donde predominan árboles y arbustos, son fundamentales en el desarrollo del planeta, ya que tienen suelos muy fértiles, una gran variedad de fauna y flora, liberan oxígeno, absorben dióxido de carbono y regulan flujos hídricos. Cubren una tercera parte de la tierra, a nivel mundial esto equivale a 4,060 millones de hectáreas. Más de la mitad de la superficie que ocupan (54%) se encuentra en solo cinco países: Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos de América y China. El otro 46% se distribuye en el resto del mundo (FAO, 2020).

Los bosques se pueden clasificar con base en diferentes criterios (Juste, 2019)

Según el clima se tienen:

- Bosques templados. Son aquéllos que se localizan en zonas con climas templados. Su vegetación puede ser de plantas latifoliadas o mixtas, de hoja ancha y árboles de coníferas.
- Bosques tropicales. Se encuentran en climas tropicales donde las precipitaciones son abundantes, estos son los ecosistemas terrestres más biodiversos del planeta.
- Bosques subtropicales. Son menos diversos que los tropicales y son una especie de frontera entre los bosques templados y los más fríos.
- Bosques boreales. Se encuentran en clima subpolar y suelen estar formados por coníferas con hojas perennes.

Según el tipo de árbol

- Bosques de coníferas. Se ubican en regiones montañosas, elevadas y frías, en ellos predominan las coníferas, plantas de hojas perennes como los pinos, los cedros y los abetos.
- Bosques de latifoliadas. Con vegetación diversa, de hoja ancha como el eucalipto, el roble y la haya, son más húmedos que los de coníferas y se localizan en climas tropicales o templados.
- Bosques mixtos. Combinan árboles de hojas perennes con árboles de hoja ancha y no perenne.

Según su origen:

- Bosques primarios o nativos. Son los que no han sufrido intervenciones antrópicas y conservan los patrones originales sin la participación o plantación por parte del ser humano.
- Bosques antropogénicos. Son los que han sido afectados por el ser humanos. En este caso, se diferencian en secundarios y artificiales. Los primeros son bosques que surgieron nuevamente luego de una tala, en tanto que los segundos son bosques que fueron sembrados por el ser humano.

Los bosques primarios y secundarios, es decir, los regenerados de forma natural, ocupan un 93 % de la extensión forestal a nivel mundial. La superficie de bosques de regeneración natural ha disminuido desde 1990, pero aún quedan 1 110 millones de hectáreas de bosque primario, mientras que la superficie de bosques plantados ha aumentado en 123 millones de hectáreas. En América del sur se localiza el 99% de los bosques plantados, donde las especies introducidas ocupan el 44% (FAO, 2020).

Plantaciones Forestales Comerciales

Arteaga y Castelán (2008), definen a las plantaciones forestales como: “rodales establecidos mediante plantación o siembra directa en el proceso de forestación o reforestación”. Puede ser con especies introducidas o con especies nativas manejadas en forma intensiva. En tanto que en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable se designan como un cultivo de especies forestales establecidas en terrenos temporales o preferentemente forestales, con propósitos mercantiles (LGDFS, 2015).

Importancia de las plantaciones forestales

Prado (2015) menciona el papel que juegan las plantaciones forestales no solo en el ámbito maderero, sino también en el ámbito de la biodiversidad, su relación con el agua, con el suelo, con las comunidades donde se insertan estos cultivos y su aporte a la mitigación del cambio climático.

Principales ventajas ambientales y económicas de las plantaciones forestales:

- Protegen la biodiversidad de la zona y sirven de corredores biológicos que ayudan a zonas de protección.
- Al generar madera para consumo local y nacional, quitan presión sobre los bosques y las áreas protegidas.

- Generan diversos emprendimientos e industrias que incrementarían las posibilidades de trabajo en la zona.
- Combaten la desertificación y mejoran la calidad del agua y ríos.
- Ayudan significativamente a combatir el efecto invernadero al fijar dióxido de carbono.
- Mejoran el efecto paisajístico.

Antecedentes sobre la teca

La teca es una planta nativa de cuatro países de Asia: India, Myanmar (Burma), Tailandia y Laos, de donde su distribución se ha extendido a los otros continentes (Pandey & Brown, 2000). En el Cuadro 1 se presenta su clasificación taxonómica

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la teca (*Tectona grandis* L.f.).

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Orden:	Lamiales
Familia:	Lamiaceae (antes se ubicaba en Verbenaceae)
Especie:	<i>Tectona grandis</i> L.f.

Fuente: Fonseca (2004)

Descripción botánica de la teca

Tectona grandis L.f. (Figura 1) es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y fisurada de 1.2 mm de grosor, de color café claro que se desprende en placas grandes y delgadas. **Las hojas** son simples, opuestas, de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con pecíolos gruesos (Fonseca, 2004). **Las flores** se disponen en panículas terminales de 40 a 100 cm de largo, el cáliz es campanulado, de color amarillo verdoso y borde dentado; los pétalos se juntan formando un tubo corto; 5 o 6 estambres se insertan en la base del tubo de la corola, las anteras son amarillas, ovadas a oblongas. Estilo blanco amarillento, más o menos pubescente, con pelos ramificados; estigma blanco amarillento bífido, ovario ovado o cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas (Chaves & Fonseca, 1991).

El fruto es subgloboso, más o menos tetrágono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnoso cuando fresco y tomentoso; endocarpo grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente 1 o 2 semillas de 5 mm de largo.



Figura 1. *Tectona grandis* L.f. Fuente: Selvan (2007).

La raíz es pivotante, gruesa y larga que puede persistir o desaparecer, y entonces desarrollar contrafuertes al llegar a la madurez; las raíces son sensibles a la deficiencia de oxígeno, de ahí que

se encuentren a poca profundidad (primeros 30 cm), creciendo en suelos bien drenados. (Fonseca, 2004).

Requerimientos edafoclimáticos:

La teca crece bien en un rango altitudinal de 0 a 800 msnm, teniendo un mejor desarrollo en altitudes menores a 500 msnm; en cuanto a la precipitación, se reporta un amplio rango, de 1000 a 3750 mm año⁻¹, con una época seca bien definida de 3 a 5 meses y temperatura óptima, entre 23 y 27°C, para su cultivo (Fonseca, 2004).

Requerimientos edáficos: Requiere suelos arenosos o franco arenosos, bien desarrollados, bien drenados y aireados, aún más si son aluviales con valores de pH de 6.5 a 7.5, aunque es posible que se adapte a suelos pobres y suelos calcáreos con pH de entre 5 y 8 (Fonseca, 2004).

Requerimientos nutricionales: La teca puede remover apreciables cantidades de nutrientes, sin embargo, puede crecer en suelos relativamente infértiles con buena estructura, drenaje, enmiendas y fertilizantes (Alvarado, 2006).

Malezas

Las malezas, también llamadas arvenses, son plantas que crecen en lugares y momentos inadecuados para los objetivos del productor, y que causan menoscabo al cultivo (o plantas objetivo) o perjudican el lugar donde están presentes. De esta manera, las malezas forman una comunidad de plantas que generalmente no tienen utilidad económica y generan problemas al productor (Donoso *et al.*, 2015). Moreno (2017) resalta que las malezas son plantas ajenas al cultivo, que compiten con el mismo por agua, nutrientes y luz e interfieren en el cultivo.

Donoso *et al.* (2015) indican que la etapa de establecimiento de una plantación es fundamental para su éxito, y que uno de los principales problemas que enfrentan las plantas en su nuevo hábitat es la competencia de malezas, al extremo que éstas pueden hacer fracasar completamente la plantación, por mortalidad de plantas, disminución en el crecimiento o deformaciones graves de la arquitectura del tallo y la copa de los pequeños árboles.

Abono verde

Prager *et al.* (2012) Señalan que los abonos verdes (AV) son plantas que se siembran en rotación y/o asociación con un cultivo comercial, y son incorporadas al suelo, preferentemente en estado de floración, para mantener, mejorar o restaurar las propiedades del mismo. Las más utilizadas son las leguminosas, ya que sus beneficios han sido reconocidos desde la antigüedad.

Características de un abono verde:

- Plantas de rápido crecimiento y desarrollo
- Producen grandes cantidades de materia seca
- Tienen más hojas que tallos
- Son tolerantes a diferentes tipos de suelo
- Utilizan pocos nutrientes del suelo

Los AV y coberturas vivas pueden impedir, durante su crecimiento, el desarrollo de las malezas, principalmente por competencia por agua, nutrientes, luz y espacio; además de tener un efecto inhibitorio o alelopático sobre la germinación de las semillas o el desarrollo de las plántulas, causado por exudados radiculares y/o sustancias químicas que son liberadas generalmente durante su descomposición, luego del manejo. Por otra parte, las guías o rastros podrían presentar un efecto físico de sombreado, impidiendo que lleguen a las semillas los estímulos necesarios para su germinación (Salcedo, 2015)

Otras ventajas del uso de los AV y coberturas vivas

- Otro de los beneficios de estas plantas es que suelen desarrollar sistemas radiculares bastante profundos, que ayudan a aflojar el suelo y hacer que penetren mejor en él tanto el oxígeno como los nutrientes o el agua.
- Las flores de estas plantas atraen a insectos polinizadores, indispensables en la reproducción de la mayoría de cultivos.
- Algunos abonos verdes funcionan como excelentes forrajes.
- Algunos cuentan con sustancias químicas que producen alelopatía.

Una de las leguminosas más utilizadas como abono verde y cultivos de cobertura es la crotalaria (Cherr *et al.*, 2006).

Crotalaria juncea L

La crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) (Figura 2) es un excelente cultivo de cobertura o abono verde. Germina y se desarrolla rápidamente, tiene un hábito de crecimiento denso que suprime las malezas, reduce la población de nematodos en el suelo, fija nitrógeno atmosférico y produce abundante materia orgánica (Ojeda-Quintana *et al.*, 2019). En la investigación realizada por Bruner *et al.* (2009) se calculó que *Crotalaria juncea* puede producir de 5,600 a 14,000 kg ha⁻¹ de biomasa seca, que puede aportar hasta 204 kg ha⁻¹ de nitrógeno.

Requerimientos de suelos y clima:

Requiere suelos con fertilidad media a alta, bien drenados, tolera acidez, pero tiene poca tolerancia al frío y no resiste heladas. Requiere precipitaciones superiores a 800 mm anuales, sin embargo, resiste bien a la sequía.

Descripción botánica de la planta

Crotalaria juncea L. es una planta herbácea anual, con tallos fibrosos erectos, estriados o sulcados, tomentosos. **Hojas simples**, con la lámina linear, elíptico-obovada a elíptico-lanceolada, de 3.5-15.7 cm de largo, 0.6-2.1 cm de ancho; estípulas de 0.1-0.5 cm de largo, libres, setáceas, pubescentes; pecíolo 0.1-0.4 cm, tomentoso; ápice agudo-mucronulado u obtuso-mucronulado; base atenuada, con pubescencia velutina en ambas caras. **Flores** de 0.5-3.5 cm de largo y 0.2-1.5 cm de ancho; cáliz 1.6-2 cm de largo, velutino, 5-lobulado, lóbulos de 0.9-1.5 cm de largo y 0.2-0.3 cm de ancho, tomentosos en la superficie externa; corola de pétalos amarillos, estandarte de 1.5-2.6 cm de largo y 0.6-2.1 cm de ancho, alas de 1.3-2.0 cm de largo, 0.4-0.8 cm de ancho, quilla 1.7-2.0 cm de largo, 0.7-1 cm de ancho, con el extremo retorcido, borde superior glabro. Estambres de dos tipos, con filamentos de anteras alargadas de 0.4-1 cm de largo, filamentos de anteras redondeadas 0.6-1.4 cm de largo. **Ovario** pubescente; estilo 1.3-1.7 cm de largo, geniculado, caduco, pubescente. **Fruto** legumbre 2.4-2.9 cm de largo, 1.1-1.5 cm de ancho, oblongo o globoso, piloso. Semillas 0.6-0.7 cm de largo, 0.4-0.5 cm de ancho, opacas, hilo ocluido, protuberancia prominente (Avendaño, 2011).

Semilla presentan polimorfismo en el color de la cubierta seminal y en el tamaño (Pascualides & Azteca, 2013). Las pequeñas semillas germinan rápidamente (3 a 4 días) y las plántulas que emergen crecen con mucho vigor. La planta es resistente a la sequía y se adapta a lugares cálidos (Brunner *et al.*, 2009).

Origen y distribución

La crotalaria es una planta nativa de India y Pakistán. Es cultivada como abono verde en las regiones tropicales y subtropicales en todo el mundo.

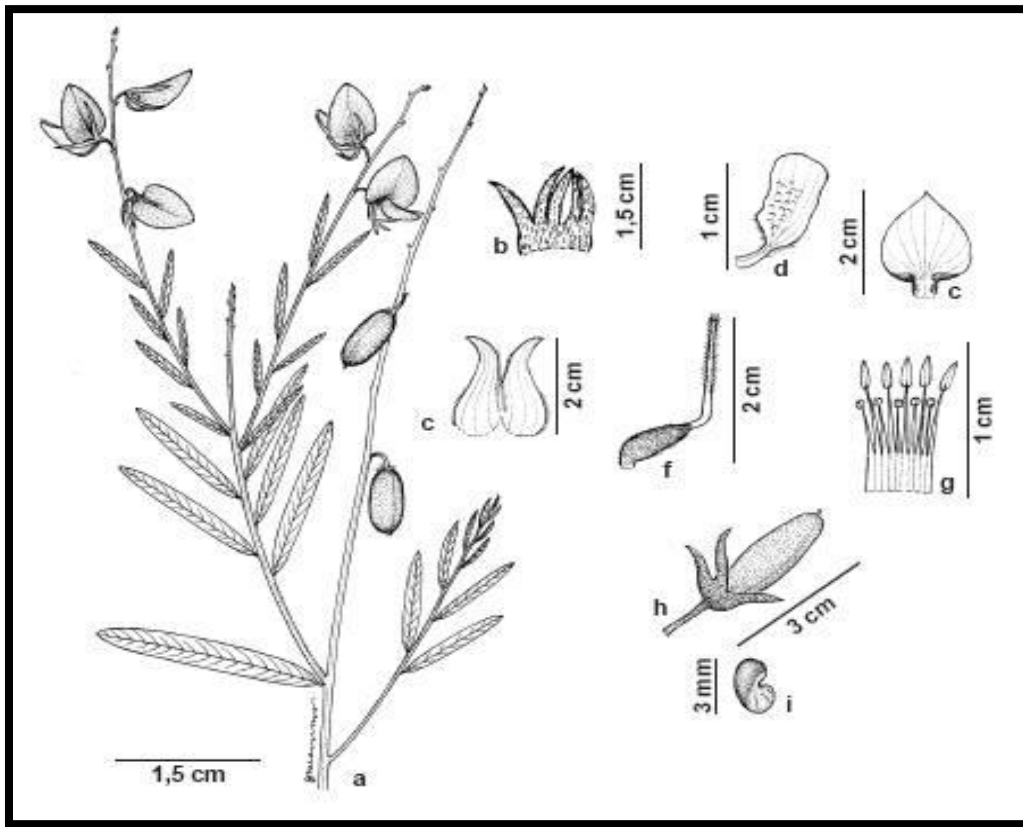


Figura 2: Crotalaria juncea L. Fuente: Avendaño (2011)

CAPÍTULO III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general

Evaluar el efecto de la asociación teca-crotalaria sobre algunas variables del suelo y planta, en un suelo arcilloso de la Chontalpa, Tabasco.

Objetivo específicos

1. Determinar el efecto de la asociación teca-crotalaria en la fertilidad del suelo estudiado.
2. Determinar en la asociación teca-crotalaria, el crecimiento en altura y diámetro de la especie forestal en etapa temprana.
3. Valorar el efecto de la asociación teca-crotalaria en la nutrición de esta especie forestal.
4. Entender el efecto de la asociación teca-crotalaria en el control de arvenses.

Hipótesis

1. La asociación teca-crotalaria no favorece el incremento de la fertilidad del suelo.
2. La asociación teca-crotalaria no favorece el crecimiento de la teca en su etapa temprana.
3. La nutrición de la teca no se mejora con el uso de la asociación teca-crotalaria.
4. La asociación teca-crotalaria no tiene efecto en el control de las arvenses.

CAPÍTULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio

La investigación se llevó a cabo en una parcela que se ubica geográficamente en las coordenadas N 17° 56' 08" y O 93° 35' 08", en el Poblado C-34 Lic. Benito Juárez, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México (Figura 3); durante el periodo comprendido entre agosto de 2020 y enero de 2021. De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen, el clima de esta área se clasifica como Am(f), cálido húmedo con lluvias abundantes en el verano, la temperatura media anual es de 24-26°C, la precipitación media anual de 2000-2050 mm, la cual ocurre de noviembre a febrero, con presencia de nortes a finales del año (Juárez et al., 2011).

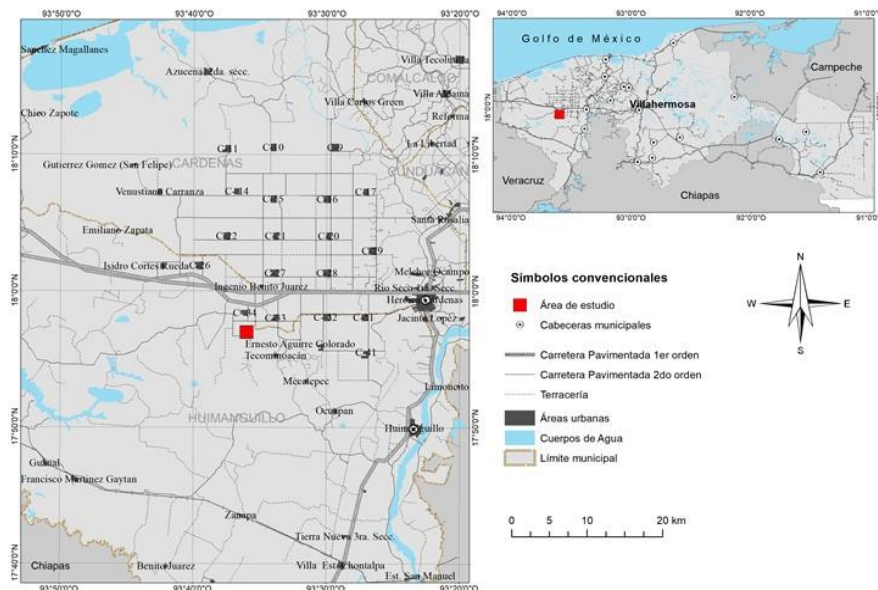


Figura 3. Ubicación del Área de Estudio en el Poblado C-34 Lic. Benito Juárez, Huimanguillo Tabasco.

Para tener la certeza de que la unidad de suelos seleccionada era la correcta, se aperturó un perfil de 1.80 m de profundidad, de acuerdo al manual y la metodología de Cuanalo (1990). Para clasificar la unidad de suelo se recurrió a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS-WRB, 2015). Se tomaron muestras de cada horizonte, las cuales fueron debidamente etiquetadas y secadas a la sombra, molidas con rodillo de madera y tamizadas (malla 30) para realizarles los

análisis químicos y físicos que permitieron caracterizar el suelo en estudio (NOM-021-RECNAT-2000).

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con dos tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: T1, Testigo, con cultivo sin abono verde (S/AV); y T2, con cultivo e incorporación del abono verde (AV) crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) (Figura 4). Cada unidad experimental tuvo 12 metros de largo por 15 metros de ancho y constó de 20 árboles, con espaciamientos de 3 metros entre cada unidad experimental dentro de los bloques y 5 metros entre bloques. Las tecas se plantaron a una distancia de 3 x 3 m, que corresponde a una densidad de 1,111 plantas por hectárea (Guerra-Bugueño, 2014).

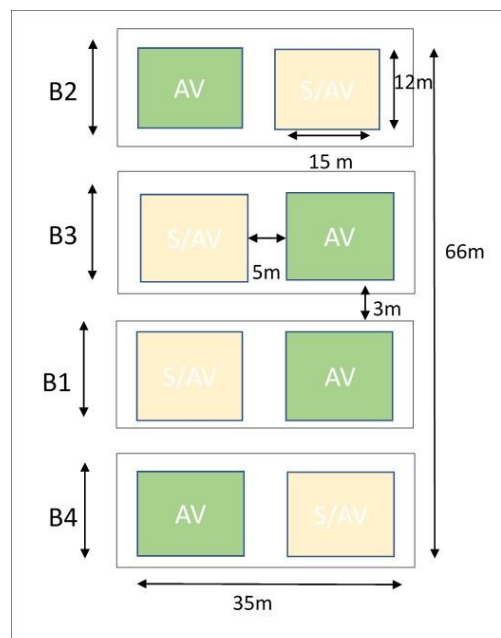


Figura 4. Croquis de la parcela experimental de la plantación de teca. El diseño experimental fue de bloques al azar, con dos tratamientos y cuatro repeticiones. Tratamiento T1: S/AV, cultivo de teca sin abono verde; T2: AV cultivo de teca con abono verde (crotalaria).

La semilla para la obtención de plantas de teca fue tomada de árboles *plus* localizados en el campo experimental km 21 del Colegio de Posgraduados Campus Tabasco, ubicado en el municipio de

Cárdenas, Tabasco. A éstas se les realizó una escarificación mecánica y fueron sembradas en camas semilleras, de donde fueron pasadas a bolsas de 19 x 24 cm con sustrato compuesto por arena en un 30%; el resto fue una mezcla de vermiculita, agrolita y peat moss (1:1:2). El manejo que se dio a las plantas durante su crecimiento y desarrollo en vivero fue el que comúnmente realizan los silvicultores (Rueda-Sánchez *et al.*, 2013).

La plantación de teca en campo se realizó el 08 de julio de 2020, cuando las plántulas tenían una edad de tres meses en vivero. Para favorecer el vigor y la sobrevivencia en campo de las plantas, quince días después se aplicó una dosis alta de fertilizante Triple 17, en dosis de 100 g por planta (Balám-Che *et al.*, 2015).

Efecto de la asociación teca-crotalaria en la fertilidad del suelo estudiado

Para el diagnóstico nutrimental del suelo, inmediatamente después de la preparación mecánica del terreno (arado y dos pasos de rastra) y al final del estudio (60 días después de la incorporación de la crotalaria) se tomaron muestras a 0 a 30 cm, con una barrena tipo holandesa, compuestas por 15 submuestras. El recorrido para las barrenaciones se realizó en zig-zag y aleatoriamente, abarcando cada unidad experimental (NRCCA, 2008). Las muestras de suelos fueron secadas al aire, molidas con rodillo de madera y tamizadas en malla del No 10 (Etchevers, 2000). Los análisis de suelos realizados: pH en agua relación 1:2, materia orgánica (MO), textura, capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrógeno total (Nt), fósforo Olsen (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), se hicieron conforme a las metodologías sugeridas por la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2002).

Seguimiento de la crotalaria

Para conocer el efecto de la asociación teca-crotalaria en el incremento de la fertilidad del suelo, la leguminosa se sembró al voleo, aplicando 20 kg ha⁻¹ de semillas (la teca tenía 30 días de plantada). Sesenta días después de la emergencia de la crotalaria, en la etapa de floración, se tomaron muestras vegetales (Figura 5) de 2 m² de la parte central de cada unidad experimental (Almeida-Santos *et al.*, 2019). Las muestras vegetales se pesaron en fresco y luego fueron sometidas a una limpieza previa con agua destilada durante unos segundos, para eliminar residuos de tierra. Después del lavado, las muestras se dejaron sobre papel para absorber el exceso de agua, se colocaron en bolsas de papel con su respectiva identificación 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 realizarles los análisis vegetales de N, P, K, Ca y Mg (Kalra, 1998).



Figura 5. Toma de muestras vegetales de *Crotalaria juncea* en etapa de floración (60 dd de germinada).

Efecto de la asociación teca-crotalaria en el crecimiento de altura y diámetro, de la especie forestal en etapa temprana

Las variables medidas en las plantas de teca a los seis meses de establecida fueron: altura y diámetro. La altura se midió utilizando una regla de acero inoxidable marca westcoit (± 0.01 cm) y se consideró desde la base del tallo hasta el ápice de crecimiento. Para el diámetro se utilizó un calibrador digital vernier serie QL-V de 0-150 mm/0-6 in, resolución 0.01 mm, exactitud ± 0.02 mm; las plantas se midieron en el cuello de la raíz, en milímetros (Escamilla-Hernández *et al.*, 2015).

Efecto de la asociación teca-crotalaria en la nutrición de esta especie forestal

Para conocer el estado nutricional de las plantas de teca, a los seis meses de edad se realizó un muestreo foliar, tomándose la segunda hoja recientemente madura, partiendo del ápice de crecimiento. El muestro foliar se realizó en los 10 árboles ubicados en la parte central de cada unidad experimental, considerados como parcela útil para evitar el “efecto de orilla”. En total se obtuvieron 8 muestras representativas. Las muestras se tomaron entre las 6:00 y las 7:00 h, se guardaron en bolsas de papel correctamente etiquetadas y se llevaron al laboratorio, donde se secaron a 70 °C en una estufa con circulación forzada de aire, hasta peso constante (72 h); se molieron en un molino de acero inoxidable y se tamizaron en malla 20, para posteriormente enviarlas al laboratorio (Sadzawka *et al.*, 2007), donde se estimaron las concentraciones de nitrógeno total (Nt), fósforo Olsen (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) siguiendo los métodos descritos por Jones *et al.* (1991).

Análisis estadístico

Los datos generados se sistematizaron en Excel 2010, y se realizó el análisis de varianza (ANOVA) del diseño de bloques completos al azar para cada variable; para las variables que mostraron diferencias significativas se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. Ambos procedimientos se realizaron con el software estadístico Statistica, 2003.

Seguimiento a la composición florística de la comunidad de arvenses

Se realizaron muestreos de arvenses en cinco fechas: 1) muestreo preliminar (05 de agosto de 2020); 2) con la siembra de la crotalaria (23 de septiembre de 2020); 3) 15, 4) 30 y 5) 60 días después de haber sido incorporada la crotalaria al suelo (05 de diciembre 2020, 20 de diciembre 2020 y 20 de enero de 2021, respectivamente).

Los muestreos se realizaron utilizando un cuadro de metal de 50 x 50 cm, uno por cada parcela; de cada una de las especies presentes se registró el nombre (común y/o científico), número de individuos y porcentaje de cobertura (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Se colectaron todas las plantas que quedaron dentro de los cuadros y se llevaron al Herbario CSAT para verificar su identidad taxonómica. Los datos registrados en campo fueron sistematizados y analizados a través de Excel 2007, y sirvieron para calcular los índices de diversidad: S, H' y E (Magurran, 1988) y el índice de valor de importancia (IVI) de cada especie, a partir de los valores absolutos y relativos de sus componentes: Densidad (De y rDe), Frecuencia (Fr y rFr), Dominancia (Do y rDo) (Concenco *et al.*, 2016), mediante las siguientes fórmulas:

S= Número de especies

$H' = -\sum p_i \ln p_i$ Donde: $p_i = n_i/N$, proporción de individuos en la i-ésima especie

$E = H'/\ln S$

De = N° individuos por especie/unidad de área (m²)

rDe = De/Det*

Fr = N° de ocurrencias de una especie /N° total de sitios muestreados

rFr = Fr/Frt*

Do = Cobertura de una especie/área muestreada m²)

rDo= Do/Dot*

IVI = rDe + rFr+ rDo

r* = Valor relativo *t = total

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del suelo

El suelo en estudio correspondió a un Eutric Gleysol (Clayic Vertic) (GL-eu.ce.vr.) (Figura 6), que se caracteriza por presentar un horizonte superficial de un espesor promedio de 18 cm, de color gris claro, bajo contenido (menor de 1 %) de materia orgánica, denominado horizonte A ócrico; y enseguida de éste se encuentran horizontes C gléyicos. Tiene alto contenido de nutrientes para las plantas dentro de los 50 cm superficiales; con clase textural media (más de 18% de arcilla y 65% de arena) en los 30 cm superficiales y fina en el resto de su espesor. Este tipo de suelo tiene una fertilidad que varía de moderada a alta (INEGI, 2001), se distribuye principalmente en las partes bajas de las regiones de los Ríos y de la Sierra, en zonas cercanas a los cauces de ríos y arroyos. Fisiográficamente ocupan superficies cóncavas con pendientes inferiores a 0.5%. Son suelos prácticamente sin problemas de erosión, pero presentan altas limitaciones de inundación frecuente, clasificado como suelo de quinta clase (Clase V), ya que está seriamente restringido a cultivos tolerantes a los excesos de humedad (Palma-López *et al.*, 2007).

Diagnóstico nutrimental del suelo

Los resultados del análisis químico del muestreo de suelo realizado antes de la siembra de las plantas de teca, se muestran en el Cuadro 2. Los análisis del diagnóstico de fertilidad se realizaron con base en la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2002). El pH del suelo fue de 5.6, que es considerado como moderadamente ácido. La teca es una planta que se adapta bien en valores de pH del suelo que van de ácidos a neutros (Fonseca, 2004). La materia orgánica (MO), el nitrógeno total (Nt) y el nitrógeno inorgánico (Ni) del suelo estudiado, mostraron contenidos medios. La materia orgánica del suelo (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 nitrógeno para las plantas (Ladha *et al.*, 2020). La relación C/N fue de 10.6, lo que indica que hay una buena mineralización, y por lo tanto, una pronta disponibilidad de Ni; valores (C/N) de entre 10 y 14 estimulan la actividad microbiana, ésta es la razón por la cual, ante una relación C/N baja, las operaciones de compostaje requieren de un mayor esfuerzo para lograr una mezcla de materiales (Gamarra *et al.*, 2017).

Perfil: 1

Descrito por Edgar Demetrio Shirma Torres

Fecha: 21/07/2020

Localización: N 17° 56' 08''

O 93° 35' 08''

Localidad: Ejido, Benito Juárez, Huimanguillo, Tabasco

Elevación: 8 a10 msnm

Pendiente: -1% de inclinación norte-sur.

Drenaje superficial: normal a donador

Drenaje de perfil:

Material parental: parental aluvial del Cuaternario

Flora cultivada: Teca

Flora nativa: pastizales pasto braquiaria y Alicia

Fauna: Sin fauna


Aplicación de abonos orgánicos o fertilizantes:

Manto freático: visible solo en temporadas de lluvia

Observaciones: Soleado con presencia esporádica de nubes



Perfil 1	Horizonte (cm)	Descripción del perfil
	A 0-40	Transición media, horizontal; grado de humedad, ligeramente húmedo; color de la matriz 10 YR 4/1gris oscuro; con motas 10 YR 3/1gris muy oscuro y 10 YR pardo amarillento oscuro; tamaño del moteado, marcado pocas y muy fino y marcado muchas, muy finas y finas; textura arcillo-limosa; sin pedregosidad; estructura muy fuertemente desarrollada, de forma poliédrica, subangular fina, media, grande y muy grande; consistencia, en húmedo, firme y en muy húmedo pegajosa y plástica; con cutanes por eluviación discontinuos, moderadamente espesos, confinados en canales de raíces dentro y fuera de agregados, de naturaleza arcillosa; nódulos muy pocos, pequeños negros y eferoides, duros, composición, oxido de fierro, poros numerosos, muy finos y finos, continuos,

		caóticos, dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad lenta; raíces comunes, finas y delgadas; pH 5.
	Cg1 40-64	Transición tenue, ondulada; grado de humedad, humedo, húmedo; color 10 YR 5/1 gris; con motas marcadas 10 YR 5/6 pardo amarillento y 10 YR 4/1 gris oscuro; tamaño del moteado, muy fino, fino, medio, grande y muy grande; textura: arcilla limosa, fuertemente desarrollada, con muy poca pedregosidad, tamaño grava. de forma poliédrica y subangular, clase de piedra: arenisca, medianamente y sin intemperizar; estructura moderadamente desarrollada de forma poliédrica subangular, fina; consistencia en seco, friable, y en muy húmedo, pegajosa y plástica; cutanes por eluviación, discontinuos, moderadamente espesos, confinados en los canales de raíces, dentro y fuera de agregados, poros frecuentes, muy finos, continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad lenta; raíces pocas, finas y delgadas; pH 5.5.
	Cg2 64-140	Transición media, ondulada; grado de humedad húmedo, color de la matriz 10 YR 6/1 gris, con motas 10 YR 5/8 pardo amarillento, fina, media, grande y muy grande; textura arcillosa; con muy poca pedregosidad, tamaño grava y piedra pequeña de forma redondeada y subangular, de cuarzo muy, medianamente intemperizada y sin intemperizar; estructura fuertemente desarrollada, de forma poliédrica, subangular fina; consistencia en húmedo, extremadamente firme y en muy húmedo pegajoso y plástico; cutanes de eluviación continuos, moderadamente confinados en los canales de las raíces, dentro y fuera de agregados, poros pocos, muy finos y finos, continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados, de forma tubular; permeabilidad muy lenta; raíces comunes y finas; pH 6.

	<p>Cg3 140-175</p>	<p>Transición media, horizontal; grado de humedad húmedo; color 10 YR 3/1 gris muy oscuro; con motas marcadas, comunes, muy finas y finas de color 2.5 YR 6/8 amarillo olivo y 2.5 YR 4/6 rojo; textura arcillosa; con ligera pedregosidad. tamaño grava, de forma redondeada y subangular, de cuarzo muy, medianamente y sin intemperizar; estructura moderadamente desarrollada de forma poliédrica, subangular, fina y media; consistencia en húmedo, muy firme y en muy húmedo pegajosa y ligeramente plástica; cutanes de eluviación, continuos, moderadamente espesos, poros pocos, muy finos y finos, continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad lenta; raíces comunes y finas; pH 6.</p>
--	------------------------	--

Figura 6: Perfil de suelo en área de estudio C-34 Lic. Benito Juárez, Huimanguillo, Tabasco, México clasificado como Eutric Gleysol (Clayic, Vertic) Gleu (Ce,Ve). De acuerdo con la WRB (IUSS WRB Working Group, 2015)

Cuadro 2. Análisis de fertilidad del suelo de la parcela en estudio (0-30 cm de profundidad), previo al establecimiento de la teca.

pH Rel 1:2	MO	Nt	Ni	P	Fe	Cu	Zn	Mn	K	Ca	Mg	CIC	A	L	R
	%		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

La densidad aparente fue de 1.25 t m⁻³; la clasificación textural fue del suelo fue Franco arcilloso

El P-Olsen encontrado fue de 9.5 mg kg⁻¹, clasificado como medio. En los sistemas naturales del estado de Tabasco y en suelos con pH superiores a 5.5 lo más común es encontrar valores como los observados en este suelo (Obrador-Olán, 1991; 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, 2015).

El valor de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) fue medio, lo que indica que es un suelo con buen contenido de arcilla (Salgado-García *et al.*, 2013); sin embargo, el porcentaje de saturación de bases fue de solo 52.8, lo cual está afectado por los bajos contenidos de K (0.22 Cmol_(c) kg⁻¹) y sobre todo Mg (1.20 Cmol₍₊₎ kg⁻¹), no así de Ca que presentó contenidos altos (12.1 Cmol_(c) kg⁻¹). Dada la importancia que tienen el potasio y el magnesio en la nutrición de la teca, es necesario mantener la atención en estos elementos (Alvarado y Mata, 2013; Vaides-López *et al.*, 2019). Si se favorecen los contenidos de Ca y Mg, se mejora el porcentaje de saturación de la base 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 suelos Gleysols son ricos en estos elementos y en ellos pueden ponerse cultivos forestales, después de bajar la capa de agua freática con drenes profundos (Fernández-Moya *et al.*, 2013; IUSS WRB Working Group, 2015).

Asociación teca-crotalaria en la fertilidad del suelo

El contraste de los resultados de los análisis de suelo realizados dos meses después de incorporada la crotalaria se muestran en la Figura 7, en la que se observa que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos AV y S/AV en los distintos parámetros estudiados, con excepción del nitrógeno inorgánico (Ni), elemento muy asociado a la MO y Nt del

suelo, que presentaron valores promedio de 2.6% (MO) y 0.1% (Nt), muy parecidos a los de sus respectivos análisis iniciales 2.7 y 0.12 %. La MO y el Nt son parámetros en los que no es común encontrar cambios en sus contenidos después de la incorporación de residuos, lo que puede deberse a que éstos, en el suelo, presentan suministros de miles de kg ha⁻¹, mientras que los aportes del abono verde, aunque prometedores, en el contexto numérico son pequeños (Beltrán-Morales *et al.*, 2009; Magaña-Valenzuela *et al.*, 2020).

No obstante lo anterior, la incorporación de MO a través del uso de abonos verdes en sistemas agrícolas, debe ser una estrategia recurrente en favor de mantener la productividad de los suelos dado el papel que juega este parámetro en su fertilidad (Fließbach *et al.*, 2007; von Arb *et al.*, 2020). Los incrementos en el valor de Ni pudieron estar influenciados, en la parcela testigo S/AV (31.5 mg kg⁻¹), por la exposición de los materiales orgánicos que se dio en la labranza del suelo y, en caso de la parcela con crotalaria (AV), el incremento del nitrógeno mineral (35.5) se pudo deber tanto a la mecanización, como a la incorporación de este abono verde. El incremento del suministro por la mineralización de la materia orgánica se da en un corto plazo, sin embargo, la exposición de la materia orgánica protegida de la degradación microbiana por la alteración de la estructura del suelo, reduce los depósitos de nitrógeno orgánico (N) y carbono (C) del suelo, con consecuencias negativas para la calidad del suelo en el largo plazo (Kristensen *et al.*, 2003).

El pH, con promedio de 5.4, no mostró diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos estudiados (con y sin crotalaria) y fue inferior solamente un decimal al del muestreo inicial (5.5). La teca es relativamente tolerante a un pH bajo (pH 4.4) y concentraciones de Al intercambiable moderadamente altas (1 cmol_(c) kg⁻¹) en el suelo (Wehr *et al.*, 2017).

El P, que tuvo contenidos medios en el suelo, no mostró diferencias estadísticas en los tratamientos estudiados y solo fue ligeramente menor (9.1 mg kg⁻¹) que el del valor inicial (9.5 mg kg⁻¹). Este elemento juega un rol fundamental en el crecimiento de la teca y más en suelos ácidos, donde su deficiencia en suelo es común (IAEA, 2000; Fallas, 2014). La teca suele tener buena respuesta a este elemento (además del N y el K) mejorando principalmente la velocidad de crecimiento y reduciendo la mortalidad de las plántulas (Alvarado y Mata, 2013).

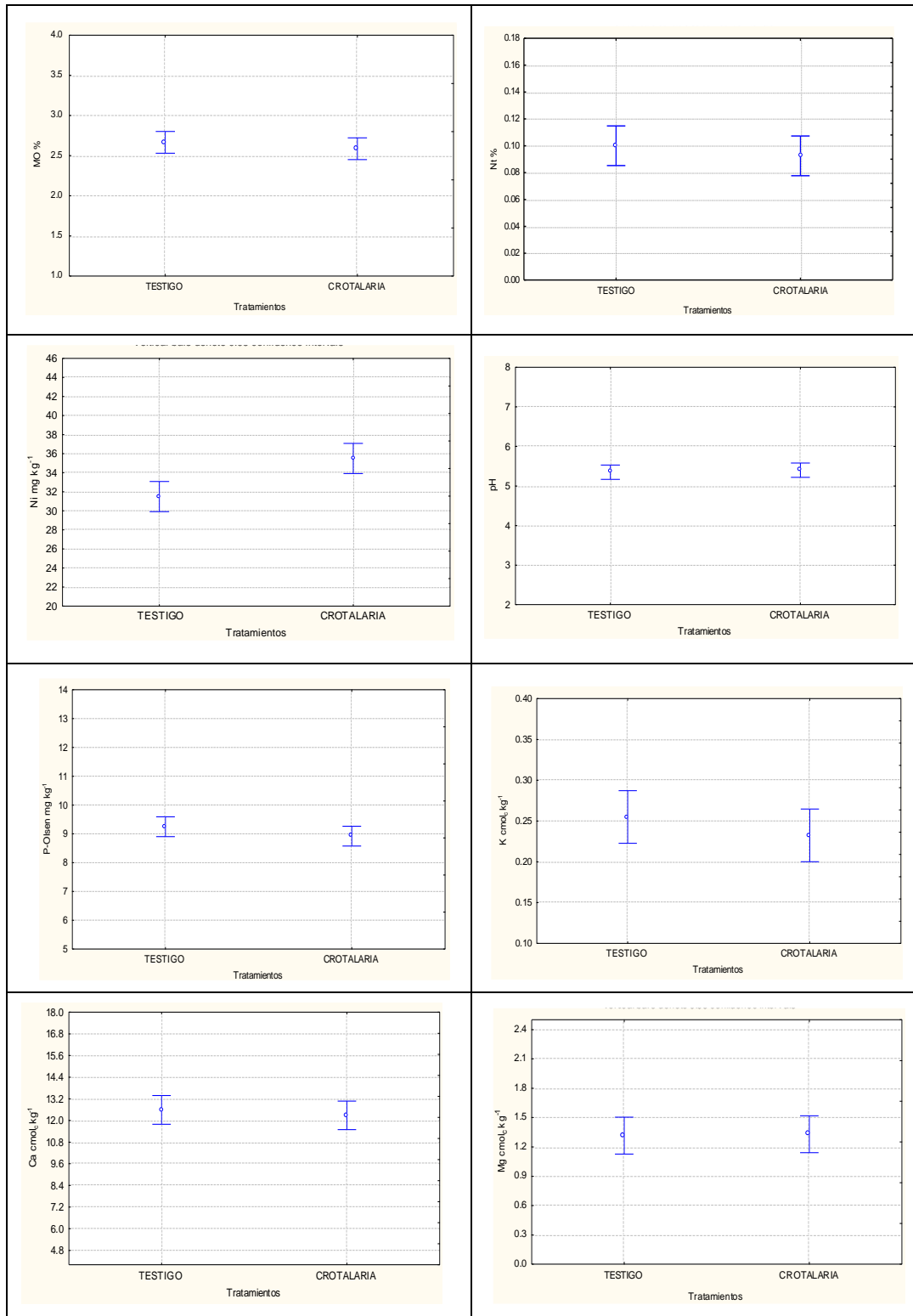


Figura 7. Comparación del comportamiento de la fertilidad del suelo en dos tratamientos, con y sin crotalaria, después de 60 días de incorporada la Crotalaria en la asociación con teca. Las barras verticales indican el intervalo de confianza ($p = 0.95$).

Las bases de intercambio K, Ca y Mg no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos (con y sin abono verde) y no variaron prácticamente en relación a sus contenidos iniciales, si bien el Ca presentó altos contenidos, el K y Mg mostraron ser deficitarios en el suelo, siendo estos elementos muy demandados por la teca (Balám-Che *et al.*, 2015); además del nitrógeno, las bases de intercambio son los elementos nutrientes que más acumula esta planta, y de ellos, el potasio es el elemento de mayor movilidad o traslación durante todo el año (Wilson-Viviano, 2008; Fernández-Moya *et al.*, 2015).

Rendimiento de la biomasa aérea del abono verde *Crotalaria juncea*

El peso promedio de biomasa seca aérea de la crotalaria fue de 2.3 t ha⁻¹. Los rendimientos de materia seca encontrados en el presente estudio fueron menores a los reportados por Gómez y Lara (2016), Almeida-Santos *et al.* (2019) y Magaña-Valenzuela *et al.* (2020), que correspondieron a 6.11, de 6.56 y 7.16 t ha⁻¹, respectivamente, y se encuentran en el intervalo de los reportados por Fall *et al.* (2020) que fueron de 2 a 5 t ha⁻¹. En la Figura 8, se observan las concentraciones de N, P y K del abono verde (AV) en las cuatro unidades experimentales estudiadas, el valor promedio de éstas y los coeficientes de variación (CV) fueron 2.83 (CV: 3.8), 0.26 (CV: 13.3) y 0.53 (CV: 10.9). Las concentraciones encontradas fueron superiores a las reportadas por Almeida-Santos *et al.* (2019) de 2.5, 0.63 y 0.30 % de N, P y K, respectivamente; sin embargo, fueron inferiores a las reportadas por Jiménez-Suárez *et al.* (2005) (N:3.70 P:0.36 y K:2.25).

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, cantidades que fueron menores a los valores reportados por otros autores (Almeida-Santos *et al.*, 2019; Fall *et al.*, 2020); no obstante, el uso de abonos verdes es una excelente alternativa ya que la aplicación de fertilizantes nitrogenados sintéticos por pequeños productores está limitada por los altos costos, además de tener efectos adversos, como la producción y lixiviación de nitratos que contaminan los mantos freáticos, que tienen efectos negativos en la salud humana (Castro-Rincón *et al.*, 2018).

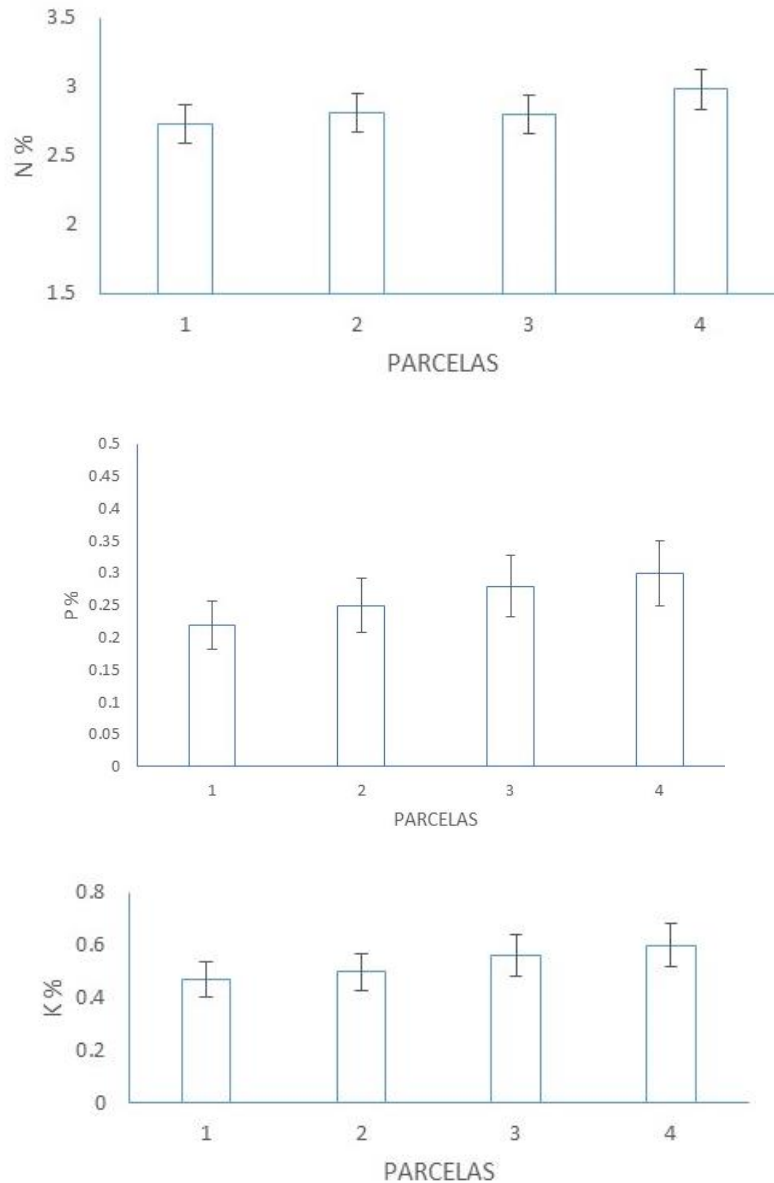


Figura 8. Concentración nutrimental N, P y K (%) en *Crotalaria juncea* en etapa de floración, en las cuatro repeticiones del tratamiento con abono verde (60 dd de germinada).

Crecimiento de la teca (en etapa temprana) asociada con crotalaria.

El abono verde *Crotalaria juncea* no ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre el crecimiento en altura y diámetro en las plantas de teca, ya que las plantas en los tratamientos con crotalaria (AV) y el testigo sin crotalaria (S/AV), resultaron con valores estadísticamente iguales en ambas variables (Figura 9). La altura (36.01 cm) y diámetro (1.19 cm) de la teca registrados a los seis meses en este estudio fueron mucho menores a lo reportado en diversos estudios, donde se

observaron alturas superiores a 80 cm y diámetros mayores a 5 cm (Alvarado y Mata, 2013; Fallas, 2014; Balám-Che *et al.*, 2015).

La planta fue sembrada en campo cuando tenía 15 cm de altura en promedio, pero su crecimiento se vio afectado por la presencia de precipitaciones mayores a los 305 mm mensuales que se presentaron en el mes de noviembre (Figura 10); aunque la teca crece y se desarrolla favorablemente en sitios con precipitaciones promedio entre 1250 y 3750 mm anuales (Vaides-López *et al.*, 2019), deben evitarse los suelos mal drenados, en particular Vertisoles de depresión con problemas de anegamiento por períodos prolongados (Alvarado y Mata, 2013), siendo los mejores suelos los fértiles, drenados y profundos (Lamprecht, 1990).

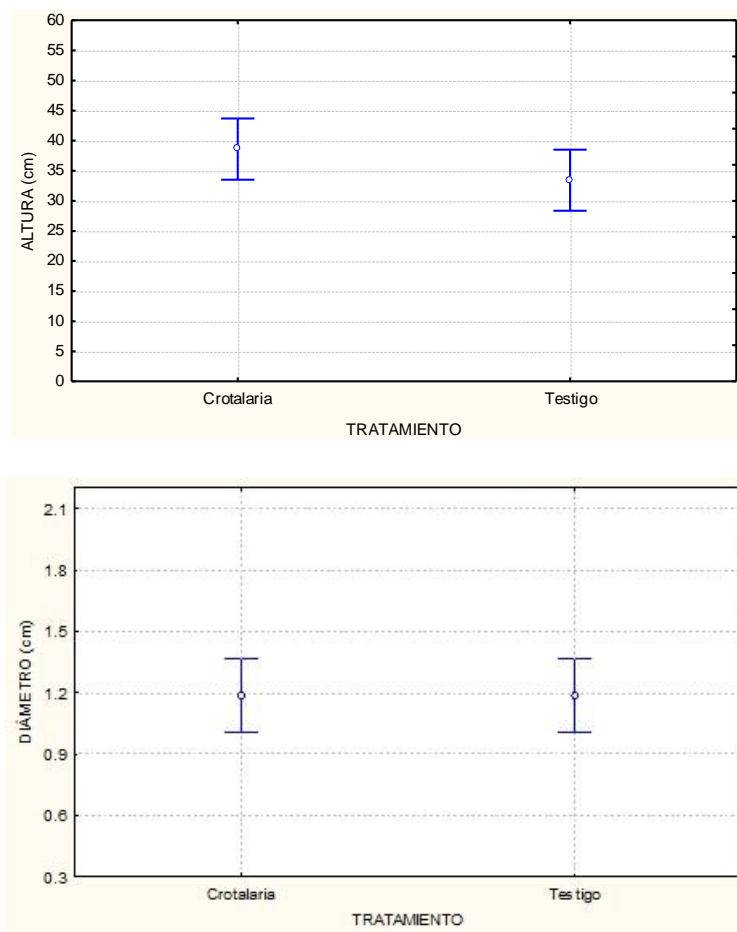


Figura 9. Comportamiento de la altura y diámetro (cm) de las plantas de teca (semana 24), en dos tratamientos: con crotalaria (AV) y sin crotalaria (S/AV, testigo). Las barras verticales indican el intervalo de confianza ($p = 0.95$).

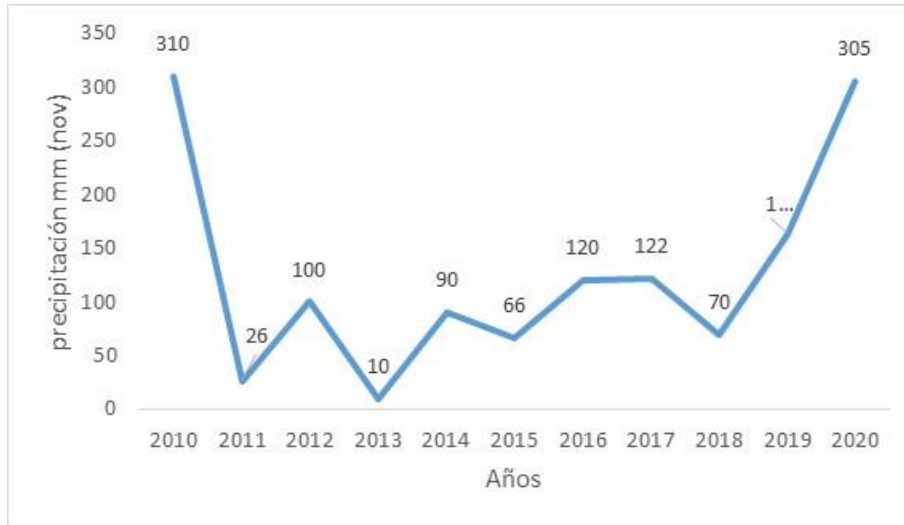


Figura 10. Comportamiento de la precipitación pluvial ocurrida durante el mes de noviembre: Datos de la Estación Meteorológica del Poblado C-28 (27078).

Efecto de la asociación teca-crotalaria en la nutrición de esta especie forestal

En la Figura 11 se muestra el análisis estadístico que se realizó a los resultados del análisis de concentración foliar en teca de los elementos cuantificados (N, P, K, Ca y Mg) en los dos tratamientos considerados (con y sin crotalaria); entre tratamientos no hubo diferencias estadísticas significativas en ninguno de los elementos y los contenidos de todos ellos entran en el intervalo de valores considerados como suficientes (Alvarado 2006; Camacho, 2011); sin embargo, si se considera que en el suelo se observaron deficiencias de algunos elementos mayores, era de esperar que algunos de éstos presentaran valores de insuficiencia, sobre todo el magnesio que no estuvo considerado en las dosis de fertilización, y junto con el potasio fueron elementos marcadamente deficitarios. La demanda de nutrientes en la teca es generalmente $Ca > K > N > P > Mg$ (Wilson, 2008; Alvarado 2012). Otra de las probables razones de este comportamiento es que la teca tuvo un crecimiento menor a lo esperado, probablemente debido al estrés hídrico, que no permitió una alta demanda de nutrientes, aunado a la corta edad que tenía la plantación cuando se realizó el muestreo. La mayor tasa de absorción de nutrientes de teca se da después del primer año y aumenta constantemente conforme lo hace la edad (Kumar, 2014).

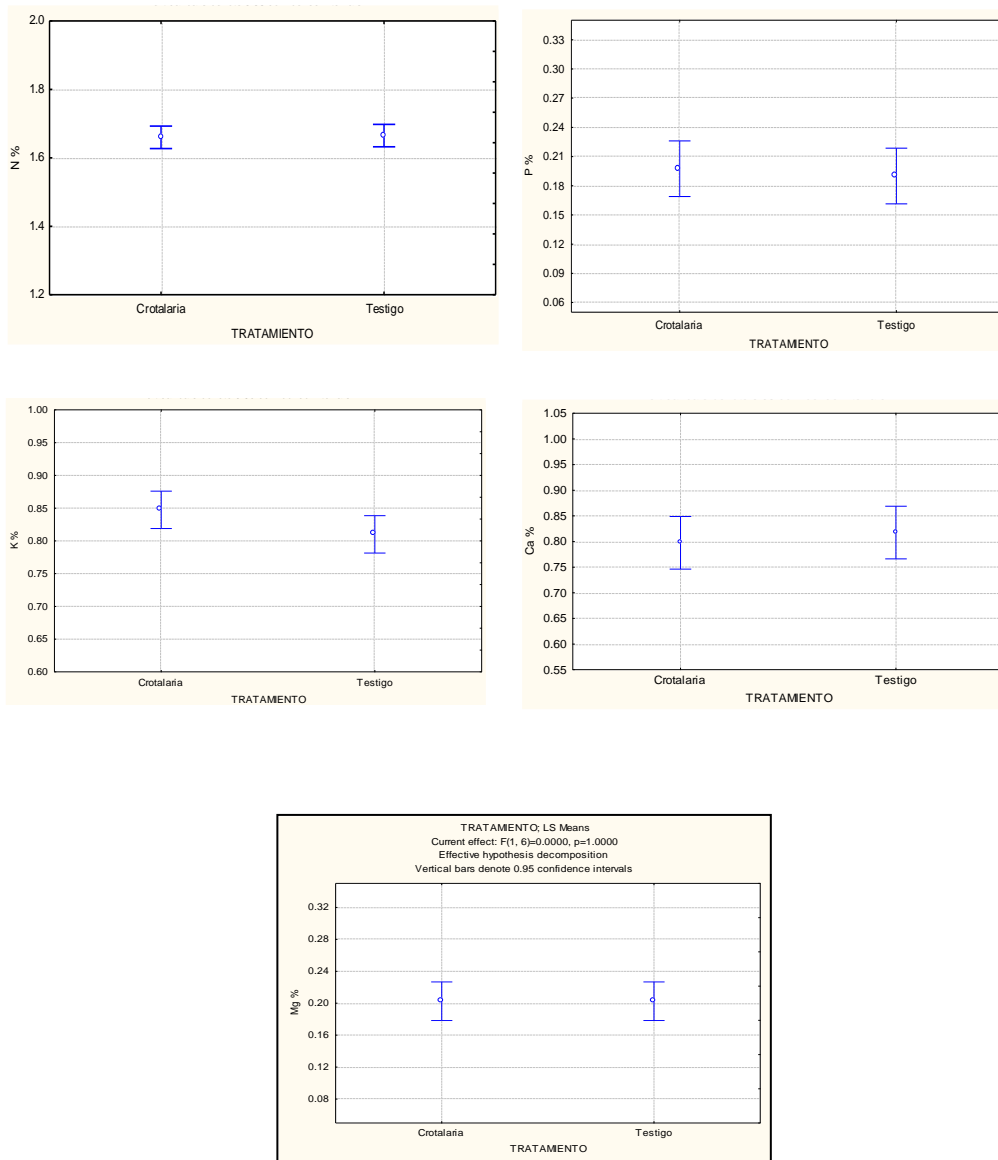


Figura 11. Comparación de la concentración nutrimental (N, P, K, Ca y Mg) en plantas de teca a los seis meses de edad, en dos tratamientos con y sin crotalaria. Las barras verticales indican el intervalo de confianza ($p = 0.95$).

Comportamiento de la comunidad de arvenses en la asociación teca-crotalaria

Como resultado de los cinco muestreos realizados se generó una lista 24 especies que se ubican taxonómicamente en 21 géneros y 13 familias botánicas (Cuadro 3). Al grupo de las dicotiledóneas, conocidas como malezas de hoja ancha, correspondieron 19 especies (79.2%), estos resultados coinciden con los reportados por (Naranjo-Landero *et al.*, 2020) en estudios realizados en caña de azúcar en una localidad cercana, y por Hernández-Sánchez (2020) en una

plantación de caracolillo. Las familias mejor representadas fueron: Fabaceae y Poaceae con 4 especies, Euphorbiaceae con 3, y Convolvulaceae, Asteraceae y Linderniaceae con 2, los siete restantes contaron con una sola especie.

De las plantas registradas en los muestreos destacan el botón de oro (*Acmella repens*), el pasto humidícola (*Brachiaria humidicola*) y el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), las cuales fueron colectadas en todos los muestreos y tratamientos en las cuatro fechas, con excepción de el pasto humidícola, que no se registró en el último mes en el tratamiento con AV; en el primer caso se trata de una planta nativa, perenne, común de sitios húmedos, con una amplia distribución, tanto en lugares templados como tropicales (Hanan-Alipi, y Mondragón-Pichardo, 2009). Por su parte, los dos pastos fueron introducidos anteriormente en el lugar del experimento como cultivo para alimento de ganado bovino.

El pasto humidícola es una gramínea perenne, estolonífera, crece bien en zonas tropicales, desde el nivel del mar hasta 1800 msnm con precipitaciones de 1000 a 4000 mm por año; se adapta bien a un amplio rango de fertilidad, textura y acidez del suelo (Franco *et al.*, 2010); el pasto estrella es una gramínea frondosa, se adapta muy bien a climas cálidos con un amplio rango de condiciones físicas del suelo y pH de 4.5 a 8.0, se encuentra de 0 a 2000 msnm, es tolerante a sequías y encharcamiento (Franco *et al.*, 2010).

Cuadro 3. Listado florístico de las especies de arvenses encontradas en un sistema agroforestal teca-crotalaria: tratamientos con (AV) y sin (S/AV) abono verde.

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

En cuanto a la diversidad de la comunidad de arvenses, en las Figuras 12, 13 y 14 se observa el comportamiento de los índices de Riqueza (S), Diversidad (H') y Uniformidad.

La riqueza, referida al número de especies, fue muy baja en el muestreo preliminar, observándose un ligero aumento a la siembra de la crotalaria, y uno más importante para el tercer muestreo, siendo ligeramente más alto en las parcelas sin AV (Figura 12). Para el cuarto muestreo, correspondiente a 30 días después de la incorporación de la crotalaria, la riqueza siguió incrementando en esas mismas, donde se presentó el valor más alto del ciclo estudiado, en tanto que en las que se incorporó la crotalaria se observó un decremento en su valor. Para la última fecha este parámetro mostró un incremento en las parcelas con AV y un decremento en las otras, pero los valores de ambas estuvieron muy cercanos. En todos los muestreos realizados la riqueza de especies fue mayor en la parcela sin crotalaria, excepto en el último, donde ésta fue ligeramente menor. Lo anterior probablemente debido a la falta de competencia en las parcelas sin AV; contrariamente, los valores bajos de las parcelas con crotalaria eventualmente fueron resultado de una mayor competencia ocasionada por el crecimiento, desarrollo e incorporación del AV, además de su velocidad para desarrollar biomasa (Leveron-Rosas, 2020).

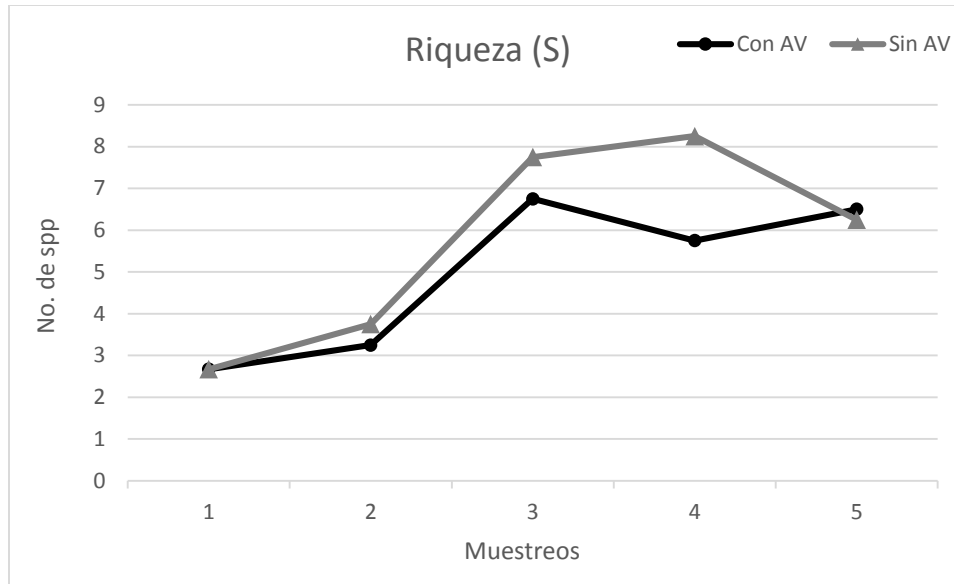


Figura 12. Comportamiento de la riqueza (S) de especies de arvenses en una plantación teca- crotalaria.

La diversidad (H') de arvenses en las parcelas estudiadas fue baja durante todo el ciclo de estudio (Magurran, 1988), en el primer muestreo su valor apenas alcanzó a $H'=0.5$, siendo el valor más bajo del periodo estudiado, donde, además de encontrarse pocas especies, una o dos de ellas fueron dominantes en la comunidad (Figura 13). Para el momento de la siembra de la crotalaria se observó un ligero aumento en los dos tratamientos, con un valor más alto en el de crotalaria. Para el tercer muestreo, que correspondió a dos semanas después de la incorporación de la crotalaria, el incremento fue mayor en ambos tratamientos, pero sus valores fueron similares. A los 30 días de la incorporación se detectó el valor más alto de la diversidad en la parcela sin AV, en tanto que ésta prácticamente se mantuvo en la parcela abonada. Para el muestreo final, a los dos meses de incorporar el AV, los valores descendieron en las dos parcelas. Indudablemente, la baja diversidad observada en la presente investigación estuvo influenciada por la poca riqueza de especies (Magurran, 1988). Los valores registrados coinciden con el encontrado por Hernández-Sánchez (2021) en una plantación de caracolillo, en Cárdenas, Tabasco, pero fueron menores a los reportados por Armijos-Loor (2019) en el banco de semillas de plantaciones forestales de teca en el trópico húmedo ecuatoriano y por Jiménez-Romero *et al.* (2020) en plantaciones de teca en el litoral ecuatoriano.

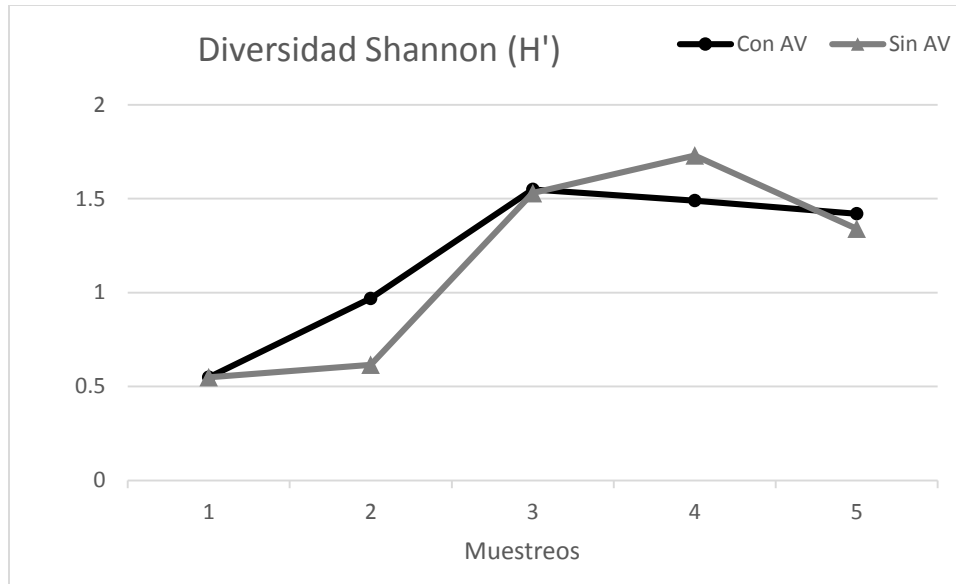


Figura 13. Comportamiento de la diversidad (H') de especies de arvenses en una plantación teca-crotalaria.

La Uniformidad (E) de la comunidad de arvenses en las parcelas estudiadas varió de media a alta en todo el ciclo (Figura 14), 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, y un ligero descenso a los dos meses. Los valores observados fueron, en general, similares a los reportados en plantaciones de teca en el litoral ecuatoriano (Jiménez-Romero *et al.*, 2020).

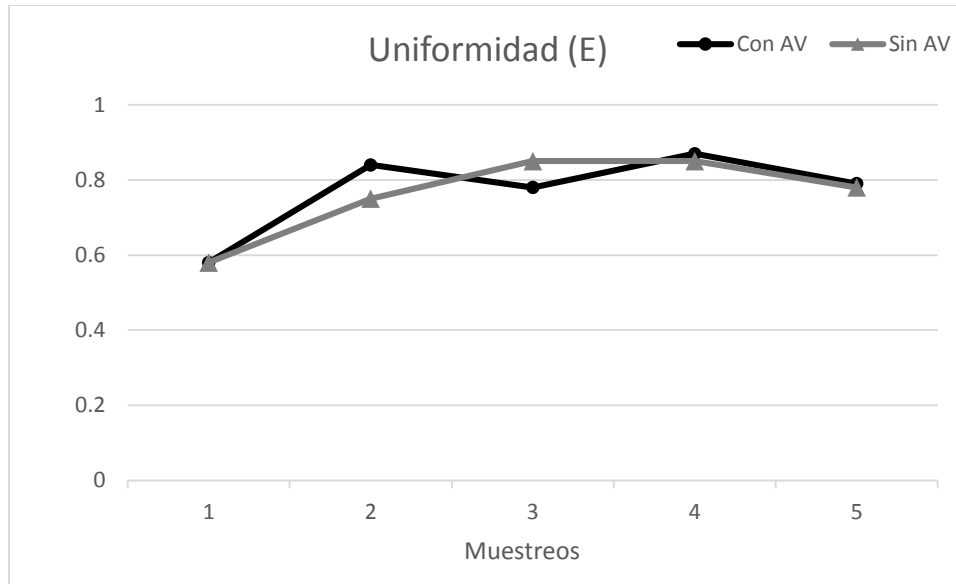


Figura 14. Comportamiento de la uniformidad (E) de especies de arvenses en una plantación teca-*Crotalaria juncea*.

En el Cuadro 4 se concentraron los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) y sus tres componentes: densidad relativa (DeR), frecuencia relativa (FR) y dominancia relativa (DoR) de las cinco especies de arvenses más importantes de la comunidad por cada fecha de muestreo y tratamiento. En el muestreo preliminar, cuando aún no se había sembrado el abono verde, las cinco especies más importantes fueron las mismas en los dos tratamientos, aunque no se encontraron en el mismo orden. El pasto estrella tuvo los IVI más altos en los dos tratamientos, aunque el máximo valor se observó en la parcela sin crotalaria. En la parcela con AV le siguieron en orden el pasto humidícola, el botón de oro, el cadillo (*Desmodium incanum*) y la dormilona (*Mimosa pudica*); en tanto que en la parcela sin crotalaria el orden fue el siguiente: cadillo, dormilona, pasto humidícola y botón de oro.

Cuadro 4. Índice de valor de importancia (IVI) y sus componentes: densidad relativa (DeR), Frecuencia relativa (FR) y dominancia relativa (DoR) de las especies registradas en los muestreos en el agroecosistema teca-crotalaria.

Muestreo inicial (05-08-20), con abono verde				
Especie	DeR	FR	DoR	IVI
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	46.43	43.33	60.41	150.18

<i>Brachiaria humidicola</i>	25.93	22.22	29.30	77.45
<i>Acmella repens</i>	12.04	22.22	8.04	42.30
<i>Desmodium incanum</i>	11.90	6.67	0.41	18.98
<i>Mimosa pudica</i>	3.70	5.56	1.83	11.09
Sin abono verde				
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	82.52	64.76	85.20	232.48
<i>Desmodium incanum</i>	4.95	11.43	1.20	17.57
<i>Mimosa pudica</i>	3.70	9.52	4.26	17.48
<i>Brachiaria humidicola</i>	3.70	4.76	4.26	12.72
<i>Acmella repens</i>	2.56	4.76	0.39	7.72
Segundo muestreo (23-sep-20), con abono verde				
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	27.45	29.41	44.60	101.46
<i>Brachiaria humidicola</i>	15.69	23.53	41.67	80.88
<i>Desmodium incanum</i>	37.25	26.47	7.55	71.28
<i>Lindernia crustacea</i>	9.80	5.88	1.63	17.31
<i>Ipomoea purpurea</i>	5.88	8.82	2.60	17.31
Sin abono verde				
<i>Lindernia crustacea</i>	50.68	10.34	14.35	75.38
<i>Acmella repens</i>	19.18	20.69	17.22	57.09
<i>Brachiaria humidicola</i>	6.85	17.24	26.41	50.50
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	5.48	13.79	21.81	41.09
<i>Mimosa pudica</i>	2.74	6.90	3.16	12.79
Tercer muestreo (05-dic-20), con abono verde				
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	10.78	20.37	34.76	65.91
<i>Hyptis brevipes</i>	24.51	16.67	14.44	55.61
<i>Commelina erecta</i>	3.92	7.41	21.92	33.25
<i>Lindernia crustacea</i>	17.65	9.26	5.561	32.47
<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	10.78	11.11	5.88	27.78
Sin abono verde				
<i>Lindernia crustacea</i>	27.95	10.14	22.3	60.41
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	6.30	17.39	23.20	46.89
<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	18.90	10.14	15.46	44.51
<i>Lindernia dubia</i>	20.87	10.14	7.73	38.74
<i>Hyptis brevipes</i>	8.27	11.59	8.84	28.70
Cuarto muestreo (20-dic-20), con abono verde				
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	18.03	31.81	41.16	91.01
<i>Hyptis brevipes</i>	26.22	13.63	7.48	47.35
<i>Commelina erecta</i>	8.20	11.36	15.43	34.99
<i>Lindernia dubia</i>	16.39	11.36	5.145	32.90
<i>Camonea umbellata</i>	11.47	6.82	3.46	21.75
Sin abono verde				
<i>Scleria setuloso-ciliata</i>	41.01	6.90	7.56	55.47
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	3.60	8.62	18.07	30.28

<i>Lindernia crustacea</i>	15.11	8.62	3.78	27.51
<i>Hyptis brevipes</i>	7.19	12.07	7.81	27.08
<i>Ageratum houstonianum</i>	7.19	10.34	8.40	25.94
Quinto muestreo (20-ene-21), con abono verde				
<i>Acmella repens</i>	32.79	32.79	18.23	83.80
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	13.11	13.11	35.65	61.87
<i>Commelina erecta</i>	19.67	19.67	10.88	50.23
<i>Ageratum houstonianum</i>	13.11	13.11	12.92	39.15
<i>Hyptis brevipes</i>	10.65	10.65	7.48	28.79
Sin abono verde				
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	24.70	25.00	41.76	91.45
<i>Brachiaria humidicola</i>	13.58	8.33	25.27	47.19
<i>Acmella repens</i>	18.52	16.67	7.03	42.22
<i>Commelina erecta</i>	17.28	10.42	5.38	33.08
<i>Ageratum houstonianum</i>	3.70	6.25	6.04	16.00

Como se mencionó antes, los dos pastos son originarios del continente africano y fueron introducidos para forraje de ganado, pero se han convertido en un problema, ya que poseen características que les confieren un alto potencial de invasión, se propagan tanto por semillas como por crecimiento vegetativo, por lo que alcanzan altas densidades poblacionales, presentan polinización anemófila, producen un gran número de semillas pequeñas que se dispersan fácilmente, su ciclo de vida es anual y la fotosíntesis es favorecida en áreas abiertas expuestas al sol (Chacón y Saborío, 2006).

El botón de oro se considera una maleza ocasional en cultivos de regadío y lugares húmedos; se encuentra comúnmente en los bordes de los márgenes y parcelas; florece en todo el año, pero es más abundante durante la época de lluvias (Rojas-Chávez, 2012).

El cadillo es una planta procumbente con desarrollo de estolones que facilitan su propagación (Rzedowski *et al.*, 2016), además de la dispersión de las semillas: es considerada moderadamente persistente y de difícil control, habita en ambientes variados, sobre todo en suelos labrados, crece en suelo de acidez media (pH 4.5) y de baja fertilidad; el deterioro de la superficie causado por cultivos agrícolas anteriores provoca su frecuente aparición, pero es considerada como una forrajera de muy buena calidad (Vanni, 2001).

La dormilona prospera en suelos perturbados, erosionados, con contenidos nutrimentales bajos; su propagación es favorecida por la quema repetida (Hanan-Alipi y Mondragón-Pichardo, 2009). La

dormilona es una maleza muy común, encontrándose principalmente como ruderal, en plantaciones y potreros; se cree que es sensible e intolerante a la sombra y no compite con vegetación alta (Martínez-Bernal, 2008).

Al momento de la siembra de la crotalaria, en la parcela con abono verde los pastos estrella y humidícola siguen siendo las especies de mayor importancia, seguidas por el cadillo que, no obstante haber alcanzado el valor más alto en densidad y superado al pasto humidícola en frecuencia, ocupó el tercer puesto; figuran también la tripa de pollo (*Commelina erecta*) y la campanita (*Ipomoea purpurea*). En tanto que en la parcela sin AV la más importante fue *Lindernia crustacea*, seguida del botón de oro; el pasto humidícola ocupó el tercer lugar, aunque su valor en dominancia fue el más alto, siguiéndole el pasto estrella y la dormilona.

Ipomoea purpurea se puede encontrar en cultivos agrícolas, hortícolas y de vivero; también crece a lo largo de carreteras y matorrales en bosques secundarios o invade zonas forestales; su reproducción se basa principalmente en la polinización de insectos, pero también puede autopolinizarse, hasta en un 30% (Halvorson, 2003).

Commelina erecta se ha reportado como maleza en arroz, café, caña, cítricos, ornamentales y plátano (Villaseñor-Ríos y Espinosa-García, 1998); normalmente no es una maleza preocupante, pero Nisensohn *et al.* (2011) encontraron que las plantas provenientes de rizomas produjeron mayores cantidades de biomasa y la acumularon más rápido que las que se desarrollaron a partir de semillas.

Lindernia crustacea ha sido pocas veces mencionada como maleza en sistemas de producción agrícola, con excepción de los cultivos de arroz y malanga, por soportar condiciones de inundación (CABI, 2016); pero en Bangladesh, India, Indonesia, Vietnam y Filipinas se considera un problema importante en campos de arroz (Moody, 1989). Su presencia en huertos familiares en Venezuela se ha relacionado con su propagación asexual, que se ve favorecida por la preparación del suelo y las prácticas de cultivo (Gámez-López *et al.*, 2014).

Para el 05 de diciembre de 2020, 15 días después de ser incorporada la crotalaria en la parcela con abono verde, el pasto estrella continuó siendo la especie más importante, sin embargo, fue superado en densidad por la chibolita (*Hyptis brevipes*), seguidos por la tripa de pollo (*L. crustacea*) y la navajuela (*Scleria setuloso-ciliata*). En la parcela sin abono verde *L. crustacea* es

la especie con el mayor IVI, resultado de su alta densidad, ya que fue superado en frecuencia y dominancia por el pasto estrella, las otras especies que figuraron aquí fueron la navajuela, la pimpinela falsa (*Lindernia dubia*) y la chibolita.

Hyptis brevipes florece durante todo el año y 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 (Mondragón-Pichardo, 2009; Parker y Acevedo-Rodríguez, 2019).

Scleria setuloso-ciliata es una maleza común de suelos húmedos de pantanos, orillas de arroyos, lagunetas, canales y campos inundados, propios de la época en el área de estudio; es abundante en el cultivo de arroz donde, además de competir con él, tiene hojas cortantes que dificultan su control manual; sin embargo, se ha reportado que su biomasa puede servir para mejorar el suelo en sitios húmedos (Rojas, 2010).

Lindernia dubia es una planta común en prados, bordes de estanques, lagos, arroyos, hábitats alterados, de húmedos a inundados; en Asia se considera una maleza nociva en arrozales, donde se ha vuelto resistente a herbicidas de uso común; la especie muestra gran plasticidad morfológica, especialmente en los caracteres vegetativos, de modo que puede haber variación entre las partes sumergidas y emergentes de la misma planta (Lewis, 2020).

En el muestreo del 20 de diciembre, en la parcela con abono verde el pasto estrella siguió teniendo el Índice de Valor de Importancia (IVI) más alto, no obstante que la chibolita tuvo el valor más alto en densidad; luego estuvieron la tripa de pollo, la falsa pimpinela y el bejuco (*Camonea umbellata*). Mientras que en la parcela sin AV la navajuela figuró con el mayor IVI, no obstante ser superada por el pasto estrella en frecuencia y dominancia, encontrándose además *L. crustácea*, la chibolita y el pincel (*Ageratum houstonianum*).

Aunque *Camonea umbellata* (Sin. *Merremia umbellata*) es planta común de bosques, prefiere áreas más abiertas en campos, plantaciones y cuerpos de agua; se reproduce principalmente por semilla, sus flores permanecen abiertas durante todo el día y son polinizadas por abejas; es una enredadera de rápido crecimiento que se arrastra por el suelo o trepa por hierbas, arbustos y árboles, a menudo formando cortinas densas que pueden sofocar o impedir el crecimiento de otras plantas (Areces-Berazain, 2018); además de generar compuestos fenólicos inhibidores de la germinación

de semillas de *Arabidopsis thaliana*, lo que sugiere que tiene acción alelopática como mecanismo de competencia (Yan *et al.*, 2010).

Ageratum houstonianum es abundante en campos cultivados con café y caña de azúcar; crece bien en 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 (Villaseñor-Ríos y Espinosa-García, 1998; Ordóñez-Barahona, 2000).

En el muestreo correspondiente a los dos meses, en la parcela donde se incorporó el AV al suelo, el botón de oro presentó el IVI más alto, aunque el pasto estrella, que fue la segunda especie importante, tuvo el valor más alto en dominancia; les siguieron la tripa de pollo, el pincel y la chibolita. En la parcela sin tratamiento de abono verde las especies más importantes fueron los pastos estrella y humidícola, el botón de oro, la tripa de pollo y el pincel.

El pasto estrella resultó ser la especie de mayor importancia en todo el ciclo estudiado, ya que en todos los muestreos estuvo entre las cinco que presentaron los IVI más altos; en la parcela con AV fue la primera en todas las fechas, excepto en la última, donde el botón de oro la desplazó al segundo puesto; siendo una gramínea bien adaptada a los trópicos y subtrópicos, rizomatosa y estolonífera de profundas raíces, tiene capacidad para controlar el desarrollo de otras plantas y servir de cobertura del suelo (Martínez-Viloria, 2019). Otras cuatro 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 del año, cuando se realizaron los muestreos: el humidícola fue localizado en ambas parcelas en las dos primeras fechas y en la última en la parcela testigo, el botón de oro se encontró en las mismas fechas, en la primera y última estuvo en las dos parcelas y en la segunda solo en la testigo; estas dos especies pueden encontrarse en condiciones tropicales prácticamente todo el año; en cambio *L. crustacea* y la chibolita destacaron, la primera en las tres últimas fechas y la otra en diciembre y enero, coincidiendo con la presencia de áreas inundadas a las cuales están bien adaptadas (Obrador-Olán *et al.*, 2019).

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

La asociación teca-crotalaria no tuvo influencia en la mayoría de los parámetros de suelo estudiados, solo en el contenido de nitrógeno inorgánico en el tratamiento con abono verde mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados (con y sin abono verde).

Las variables morfológicas, altura y diámetro del tallo de la teca no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos (con y sin abono verde).

El análisis foliar realizado a la teca a los seis meses de edad mostró que todos los nutrientes estudiados: N, P, K, Ca y Mg, en los dos tratamientos se encontraron en el intervalo de suficiencia, sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas significativas en la concentración nutrimental de la planta en los dos tratamientos estudiados.

La composición florística de la comunidad de arvenses del área correspondió a 24 especies, 20 géneros y 13 familias; las mejor representadas fueron Fabaceae y Poaceae. El botón de oro y los pastos humidícola y estrella estuvieron presentes todo el ciclo. La riqueza y diversidad de especies durante el ciclo fueron bajas, aunque ligeramente mayores en donde no se aplicó AV, los valores más altos se observaron 30 días después de incorporar la crotalaria.

El pasto estrella resultó ser la especie más importante, ya que siempre estuvo entre las cinco especies con mayor IVI, sobre todo en la parcela con AV; el pasto humidícola, el botón de oro, la chibolita y *L. crustacea*, fueron también importantes, aunque su presencia parece estar más relacionada con las condiciones ambientales características de la época lluviosa.

CAPÍTULO VII. LITERATURA CITADA

- Almeida-Santos, L. E., Obrador-Olan, J. J., 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(7): 87-93.
- Alvarado, A. (2006). Nutrición y fertilización de la teca. *Informaciones agronómicas*. Instituto de la Potasa y el Fosforo. Centro de investigaciones Agronomicas. Universidad de Costa Rica 61: 1-8.
- Alvarado A. y Mata R. 2013. Condiciones de sitio y la silvicultura de la teca. En: Camino, R. y J.P. Morales-Aymerich (Editores), *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: <https://www.cabi.org/isc/datasheetreport/33477#7fd06d14-c890-4704-8084-599982e5381e>.
- Armijos Loor, Y. D. (2019). Banco de semillas de arvenses en plantaciones forestales de *Tectona grandis* L.f. (TECA) de tres zonas del trópico húmedo Ecuatoriano. Quevedo-UTEQ.
- Arteaga, M. B., y Castelán, M. L. (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(2): 105-111.
- Avendaño, N. (2011). Revisión taxonómica del género *Crotalaria* L. (Faboideae-Crotalarieae) en Venezuela. *Acta Botanica Venezuelica*, 34(1),13-78. ISSN: 0084-5906. Recuperado el 8 de octubre de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.o>.
- Balám-Che M. Gómez-Guerrero A. Vargas-Hernández J. Aldrete A. Obrador-Olán J. J. Fertilización inicial de plantaciones comerciales de teca (*Tectona grandis* Linn F.) en el sureste de México (2015). *Rev. Fitotec. Mex.* 38(2): 205-212.
- Beltrán-Morales F.A. García-Hernández J.L. Ruiz-Espinoza F.H. Fenech-Larios L. Murillo-Amador B. Palacios-Espinoza A. y Troyo-Diéguez E. (2009). Nutritional potential of red dolichos, brown dolichos and cowpea for green manure produced under three tillage systems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(3): 487-495.
- Brunner, B. M. (2009). *Crotalaria*. Hoja informativa. Proyecto de Agricultura Orgánica. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. Estación Experimental Agrícola de Lajas. Puerto Rico. 4 p.
- CABI. (2021). *Ageratum houstonianum* (Blue billygoatweed). (n.d.). Cabi.Org. Retrieved October 5, 2021, from <https://www.cabi.org/isc/datasheet/3573>.

- CABI. (2016). *Lindernia crustacea*. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK. CAB International; <https://www.cabi.org/isc/datasheetreport/30864>.
- Castro-Rincón E. Mojica-Rodríguez J. E. Carulla-Fornaguera J. E y Lascano-Aguilar C. E. (2018). Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderos del trópico. *Agron. Mesoam.* 29(3):711-729.
- Chacón, E., y Saborío, R. G. (2006). Análisis taxonómico de las especies de plantas introducidas en Costa Rica. *Del Jardín Botánico Lankester, Universidad de Costa Rica*, 6(3): 139–147.
- Chaves, E., y Fonseca, W. (1991). *Tectona grandis* Lf Especie de árbol de uso múltiple en América Central (Vol. 11). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Cherr, C. M., Scholberg, J. M., and McSorley, R. (2006). Green manure approaches to crop production: A synthesis. *Agron. J.* 98:302-319. doi:10.2134/agronj2005.0035.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2019). El Sector Forestal Mexicano cifras 2019. *CONAFOR*, 104. Recuperado el 27 de 04 de 2021, de [http:// www.gob.mx/conafor/El Sector Forestal Mexicano cifras 2019](http://www.gob.mx/conafor/El-Sector-Forestal-Mexicano-cifras-2019)
- Concenco G., Leme Filho J.R.A., Silva C.J., Marques R.F., Silva L.B.X., Correi I.V.T. (2016). Weed occurrence in sugarcane as function of variety and ground straw management. *Planta Daninha* 34(2):219-28.
- Cuanalo de la C.H. (1990). Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. 3ª ed. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo. 40 p.
- Donoso P, C.N. (2015). Control de malezas en plantaciones forestales de especies nativas En: Donoso P, C Navarro, D Soto, V Gerding, O Thiers, J Pinares, B Escobar, MJ Sanhueza. Manual de plantaciones de raulí (*Nothofagus alpina*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*) en Chile. Temuco, Chile. Universidad Austral de Chile- Universidad Católica de Témuco.
- Escamilla-Hernández, N., Obrador-Olán, J. J., 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.
- Escamilla-Hernández, N. (2014). Efectos de fertilizantes de liberación controlada en el crecimiento de *Tectona grandis*, etapa vivero. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Campus, Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 52 pp.
- Etchevers J. 2000. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. Texcoco, México: Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados.
- Fall T. Freidenreich A. Swartz S. Vincent C. Li Y. and Brym Z. (2020). Questions and Answers for Using Sunn Hemp (*Crotalaria juncea* L.) as a Green Manure Cover Crop. AGR-444, Agronomy Department, UF/IFAS. University of Florida, USA.

- Fallas Z. J. L. (2014). Respuesta a la fertilización de la Teca (*Tectona grandis* L.f) con NPK en Ultisoles de la zona norte de Costa Rica. Tesis de Graduación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica.
- FAO. (2020). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2020. Roma, 16. Recuperado el 27 de 04 de 2021, de <https://doi.org/10.4060/ca8753es>
- Fernandez-Moya J. Murillo R. Portuguese E. Fallas J. L. Rios V. Kottman F. Verjans J. M. Mata R. and Alvarado A. (2013). Nutrient concentration age dynamics of teak (*Tectona grandis* L.f.) plantations in Central America. *Forest Systems* 2013 22(1): 123-133.
- Fernández-Moya J. Alvarado A. Mata R. Thiele H. Segura J. M. Vaides E. San Miguel-Ayanz A. and Marchamalo-Sacristán M. (2015). Soil fertility characterization of teak (*Tectona grandis* L.f.) plantations in Central America. *Soil Research*, 53: 423–432.
- Fließbach A. Hans-Rudolf O. Lucie G. and Mañder P. (2007). Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 273–28.
- Fonseca, G. W. (2004). Manual Para Productores de Teca. Heredia, Costa Rica.
- Franco, M. P., Horacio, L., Schirnidit, A., y Hincapie, B. (2010). Especies forrajeras multipropósito, opciones para productores del trópico Americano. *CIAT, Cali*.
- Gamarra L. C. C. Díaz L. M. I. Vera de Ortíz M. Galeano M. del P. y Cabrera C. J. N. (2017). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(46): 4-26
- Gómez-López L.A., Hernández J. Díaz R., y 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(3):177-82.
- Guerra-Bugueño E. Célis-Mosqueira F. y Moreno-García N. (2014). Efecto de la densidad de plantación en la rentabilidad de plantaciones de *Eucalyptus globulus*. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(1): 21-31.
- Hanan-Alipi, A.M. y Mondragón-Pichardo J. (2009). Malezas de México: *Mimosa pudica* L. HYPERLINK "[Http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/mimosa-pudica/fichas/ficha.htm](http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/mimosa-pudica/fichas/ficha.htm)"
[Http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/mimosa-pudica/fichas/ficha.htm](http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/mimosa-pudica/fichas/ficha.htm) , Consultado el 13 de octubre de 2021
- Hanan-Alipi, A.M. y Mondragón-Pichardo J. (2009). *Cynodon nlemfuensis* - ficha informativa. Retrieved September 26, 2021, from. Recuperado el 26 de septiembre de 2021, de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/cynodon-nlemfuensis/fichas/ficha.htm>.

- Halvorson, W. L. (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.
- Hernández-Sánchez, G. 2021. Crecimiento y desarrollo de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) con fertilización de liberación controlada en vivero y campo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 104 pp.
- IAEA (International Atomic Energy Agency) (2000). Management and conservation of tropical acid soils for sustainable crop production. Viena, Austria. 132 pp. ISSN 1011-4289.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2001). Síntesis de Información Geográfica del Estado de Tabasco. 2001.
- 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 Reports No. 106, Rome: FAO.
- Jiménez-Romero, E.M., Crespo-Gutiérrez R.S., Cuaquer-Fuel E. y Chevez-Alejandro A.P. (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 (e-ISSN 2706-6800).
- Morales Londoño C.S. (2005). Biomasa seca y contenido de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida* empleadas como abonos verdes en cafetales. Cenicafé (Colombia)v. 56(3) p. 216-236.
- Jones J. B. Wolf, B. Mills H. A. (1991). A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. In: Plant Analysis Handbook, Georgia 30607, USA. 152 p.
- Juárez López, J. F., Salgado García, S., Palma López, D. J., Obrador-Olán, J. J., García-López, E., López Castañeda, A., y Shirma Torres, E. (2011). Diagnóstico de la Microrregión de Atención Prioritaria Huimanguillo. Colegio de Postgraduados, Texcoco, México.
- Juste, I. (2019). Tipos de bosques - Características y Fotos. Ecologiaverde.Com. <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-bosques-2037.htm>.
- Moody K. (1989). Weeds reported in rice in South and Southeast Asia. Los Baños: International Rice Research Institute.
- Kalra, P. (1998). Handbook of reference methods for plant analysis. Published in by CRC Press.
- Kumar J. K. (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(1): 75–86.
- Kristensen H.L. Deboz K. and McCarty G.W. (2003). Short-term effects of tillage on mineralization of nitrogen and carbon in soil. Soil Biology & Biochemistry 35: 979–986.

- Ladha J.K. Jat M.L. Stirling C.M. Chakraborty D. Pradhan P. Krupnik T. Sapkota T.B. Pathak H. Rana D.S. Tesfaye K. Gerard B. (2020). Achieving the sustainable development goals in agriculture: the crucial role of nitrogen in cereal-based systems. *Advances in Agronomy*, 163: 39-116.
- Ladrach, W. (2010). Manejo práctico de plantaciones forestales en el trópico y subtrópico. Cartago, Costa Rica: Tecnologica.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos/Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas -posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn.
- Leveron-Rosas E. (2020). Análisis de los beneficios de la utilización de cultivos de cobertura: revisión de literatura. Tesis. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 27.
- Lewis, D. (2020). *Lindernia dubia* (Linnaeus) Pennell. Flora of North America, Vol 27. http://floranorthamerica.org/Lindernia_dubia. Recuperado el 14 de octubre de 2021.
- Magaña-Valenzuela W. Obrador-Olán J. J. García-López E. Castelán-Estrada M. y Carrillo Ávila E. (2020). Rendimiento comparativo de la yuca bajo fertilización mineral y abono verde. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(6): 1259-1271.
- Magurran, A. (1988). Diversidad Ecológica y su medición. Ediciones Vedra, Barcelona, España 1-200.
- Martínez-Bernal, A., Grether R. y González-Amaro R.M. (2008). *Mimosa pudica* L. En: Flora de Veracruz, Fascículo 147. Leguminosae I, Mimosoideae: *Mimosa*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. pp. 87-94.
- Martinez-Viloria F. (2019). Pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Info Pastos y Forrajes.com. <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-estrella/>. Recuperado el 20 de octubre de 2021.
- Moreno, R. (2017). Manejo de malezas en un cultivo de maíz. INTA EEa. Recuperado; https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_malezas_moreno_mj17.pdf.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T.S. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz 21-87.
- Naranjo-Landero S., Obrador-Olán J.J., Garcia-López E., Valdez-Balero A., y Dominguez-Rodriguez V.I. (2020). Arvenses en un suelo cultivado con caña de azúcar con fertilización mineral y abono verde. *Polibotanica*, 50: 119-135
- Nisensohn L., Tuesca D., Faccini D., Puricelli E. y Vitta J. (2011). Factores biológicos que determinan la competencia de *Commelina erecta* con otras malezas en sistemas de cultivo. *Planta Daninha*, 29(1): 97-106.

- NRCCA (2008). Soil Fertility and Nutrient Management– Study Guide. Cornell University, USA 1-36.
- Obrador-Olán J.J. (1991). Dinámica del fósforo en suelos del estado de Tabasco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, México. 77 pp
- Obrador-Olán, J.J., García-López, E., Almeyda-Santos, L.E., Castelán-Estrada, M., y Carrillo Ávila, E. (2019). Weeds in a sugar cane soil cultivated with *Crotalaria juncea*. *Planta Daninha*, 37, 1–10. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100002>
- Ojeda Quintana, L.J., 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(2), 23–30.
- Ordóñez-Barahona., P. (2000). Estudios de las malezas en diferentes ambientes de la caña de azúcar (*Saccharum* spp) en el Ingenio San Miguelito, Veracruz, México [tesis]. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Palma-López, J. C. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio De Postgraduados-ISPROTAB-Fundacion PRODUCE Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.
- Pandey, D., & Brown, C. (2000). La teca: una visión global. *Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*, 3-10.
- Parker, C. y Acevedo-Rodríguez P. (2019). *Hyptis brevipes* (lesser roundweed). *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK. CAB International. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/27851>.
- Pascualides A.L., y Azteca N.S. (2013). Germinación y vigor de morfotipos de semillas. *FYTON* 82: 313-319. ISSN 0031 9457
- Prado, J. A. (2015). Más allá de los árboles. Cifag.Cl. Retrieved October 13, 2021, from <https://cifag.cl/wp-content/uploads/2019/04/Libro-plantaciones.pdf>.
- Prager Mósquera M., Sanclemente Reyes, O., y Sánchez de Prager, M., Gallego J.M., Ángel Sánchez, D.I. (2012). Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología*. *Revistas Científicas de la Universidad de Murcia*
- PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente). (2020). Importancia de los Ecosistemas Forestales; Especies de los Bosques y Selvas. Gobierno de México. Obtenido de <https://www.gob.mx/profepa/es/articulos/importancia-de-los-ecosistemas-forestales-especies-de-l>
- Rojas-Chávez, S. (2010). *Scleria setuloso-ciliata* - ficha informativa. Retrieved November 8, 2019, from <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/cyperaceae/scleria-setuloso-ciliata/fichas/ficha.htm>

- Rojas-Chávez, S. (2012). *Acmella repens* (Walter) Rich. En: Vibrans H. (editor). Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/acmella-repens/fichas/ficha.htm>.
- Rueda-Sánchez A. Benavides-Solorio J de D. Saenz-Reyez T. Muñoz Flores H. J. Ángel Prieto-Ruiz J. Orozco Gutiérrez G. (2013). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Rev. Mex. Cien. For.* Vol. 5 Núm. 22.
- Rzedowski, J., G.C. Rzedowski, L. Torres-Colín y R. Grether. 2016. *Desmodium incanum* (Sw.) DC. En: Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, Fascículo 192: Familia Leguminosae, Subfamilia Papilionoideae (*Aeschynomene* - *Diphysa*). Instituto de Ecología A.C., Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán, México. pp. 255-257.
- Sadzawka R, A., Carrasco R, M., Demanel F, R., Flores P, H., Grez Z, R., & Mora G, M. y Neaman A. (2007). Métodos de análisis de tejidos vegetales. Segunda Edición. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Serie Actas INIA N° 40. Santiago, Chile, 140p.
- Salcedo-González L. A. (2015). Evaluación del efecto de tres coberturas vivas (*Arachis pintoii*, *Pueraria phaseoloides* y *Centrosema pubescens*) sobre el crecimiento inicial de la teca (*Tectona grandis* l.f.), el nivel de fertilidad del suelo y control de malezas, en el cantón Santo Domingo. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Agropecuaria
- Salgado-García S., Palma-López D., Lagunes-Espinosa L.C. y Castelán-Estrada, M. (2013). Manual para muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. 37 p.
- Selvan, V. (2007). Trees and shrubs of The Maldives. Ministry of Fisheries, Agriculture and Marine Resources Maldives.FAO Regional Office for Asia and Pasific. Bangkok, Thailand.
- 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.
- Vanni R., O. (2001). El género *Desmodium* (Leguminosae, Desmodieae) en Argentina. *Darwiniana*, 255-285.
- Villaseñor-Ríos J.L. y Espinosa-García. F.J. (1998). Catálogo de malezas de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica.
- Yan, J.; Bi, H.H.; Liu, Y.Z.; Zhang, M.; Zhou, Z.Y.; Tan, J.W. (2010). Phenolic compounds from *Merremia umbellata* subsp. *orientalis* and their allelopathic effects on *Arabidopsis* seed germination. *Molecules*, 15(11):8241-8250 <http://www.mdpi.com/14>.

- 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(1): 135-148.
- Von Arb C. Bunemanna E.K. Schmalza H. Portmanna M. Adamteya N. Musyokab M.W., Wehr B. Smith T. E. and Menzies N. W. (2017) Influence of soil characteristics on teak (*Tectona grandis* L. f.) establishment and early growth in tropical Northern Australia, *Journal of Forest Research*, 22:3, 153-159, DOI: 10.1080/13416979.2017.1283976
- Wehr B. Smith T. E. and Menzies N. W. (2017) Influence of soil characteristics on teak (*Tectona grandis* L. f.) establishment and early growth in tropical Northern Australia, *Journal of Forest Research*, 22:3, 153-159, DOI: 10.1080/13416979.2017.1283976
- Wilson-Bibiano Y. V. 2008. Dinámica nutrimental y crecimiento de cedro (*Cedrela odorata* L.) y Teca (*Tectona grandis* L f) en un suelo Fluvisol del estado de Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. 99 pp.
- ZaiZhi Z. ShiChao L. KunNan L. HuaMing M. and GuiHua H. (2016). Growth and mineral nutrient analysis of teak (*Tectona grandis*) grown on acidic soils in south China. *Journal of Forestry Research* 28(3): 503–511