



DOI: 10.29298/rmcf.v17i97.1635

Artículo de investigación

**Estado nutrimental de caoba y fertilidad del suelo con
manejo de *Sesbania herbacea* (Mill.) McVaugh**
**Nutrient status of mahogany and soil fertility with
management of *Sesbania herbacea* (Mill.) McVaugh**

Yesenia García Estrada¹, Eustolia García López¹, José Jesús Obrador Olán^{1*},
Saúl Sánchez Soto¹, Eugenio Carrillo Ávila², Francisco Rojas Pérez¹

Fecha de recepción/Reception date: 29 de enero de 2026.

Fecha de aceptación/Acceptance date: 10 de agosto de 2026.

¹Programa de Doctorado en Ciencias Agrícolas, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. México.

²Colegio de Postgraduados Campus Campeche. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: obradoro@colpos.mx

*Corresponding author; e-mail: obradoro@colpos.mx

Resumen

La caoba, debido a la belleza de su madera y su alto valor económico ha sido intensamente explotada durante siglos, lo que la ha llevado a ser incluida en la lista de especies en peligro de extinción de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (Cites). El objetivo de este trabajo fue evaluar el estado nutrimental de plantas de caoba en la etapa inicial de crecimiento y el comportamiento de la fertilidad del suelo, en ambos casos con el uso del abono verde (AV) *Sesbania herbacea*. Se consideraron dos tratamientos: T1: caoba con *S. herbacea* (CAV) y T2: caoba con fertilización química (Triple 17) (CFQ). Se evaluó el estado nutrimental de los individuos a los 10 y 15 meses de edad, dos meses después de la incorporación al suelo de *S. herbacea* mediante la determinación de su contenido de *N, P, K, Ca, Mg* y *S* en hojas. Respecto a la fertilidad del suelo, se realizaron dos muestreos; el primero al inicio del estudio, posterior a la mecanización del suelo y el segundo al concluir la investigación. No se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en ningún caso, ni en los elementos evaluados ($p > 0.05$). No obstante, el uso de *Sesbania herbacea* como abono verde es una buena alternativa para la nutrición en etapas tempranas de crecimiento y desarrollo de las plantas de caoba, y para conservar la fertilidad de un suelo arcilloso.

Palabras clave: Abono verde, análisis foliar, fertilidad de suelo, leguminosas, nutrientes, plantaciones forestales comerciales.

Abstract

Mahogany, due to the beauty of its wood and its high economic value, has been heavily harvested for centuries, leading to its listing as an endangered species under the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (Cites). The objective of this study was to evaluate the nutritional status of mahogany plants in the early stages of growth and soil fertility patterns, in both cases using *Sesbania herbacea* as a green manure (GM). Two treatments were considered: T1: mahogany with *S. herbacea* (MGM) and T2: mahogany with chemical fertilization (Triple 17) (MCF). The nutritional status of the individuals was assessed at 10 and 15 months of age, two months after *S. herbacea* was incorporated into the soil, by determining the *N*, *P*, *K*, *Ca*, *Mg*, and *S* content in their leaves. With regard to soil fertility, two sampling sessions were conducted: the first at the beginning of the study, after soil tillage, and the second at the conclusion of the research. No statistically significant differences were found between treatments in any case, nor in the parameters evaluated ($p>0.05$). However, the use of *Sesbania herbacea* as green manure is a good alternative for providing nutrients during the early stages of mahogany tree growth and development, and for maintaining the fertility of clay soil.

Keywords: Green manure, foliar analysis, soil fertility, legumes, nutrients, commercial forest plantations.

Introducción

Swietenia macrophylla King (Meliaceae), comúnmente conocida como caoba, es una de las especies forestales tropicales más importantes en México y América Central desde el siglo XX, y ha sido considerada una de las especies de mayor importancia para el desarrollo de la industria forestal de América Latina (Vester & Navarro-Martínez, 2007). Su área de distribución comprende desde el sur de México, extendiéndose por la vertiente del Atlántico en América Central, hasta el Valle del Amazonas en Brasil y Perú (Danquah et al., 2019). Debido a su gran valor económico, ha sido intensamente explotada durante siglos, lo que la ha llevado a ser incluida en la lista de especies en peligro de extinción de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites) y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Carranza-Patiño et al., 2024; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2010).

En el año 2023, en México se registraron aproximadamente 241 744 ha de Plantaciones Forestales Comerciales (PFC), y la caoba era la octava especie más plantada con 8 440 ha, distribuidas en su mayoría en los estados de Campeche (2 214 ha), Puebla (1 648 ha), Tabasco (1 268 ha), Veracruz (1 161 ha), Chiapas (809 ha) y Oaxaca (618 ha) (Comisión Nacional Forestal [Conafor], 2024a). Tabasco posee una superficie forestal de 817 154.130 ha (Conafor, 2024b).

El análisis foliar es un método de diagnóstico de requerimientos nutricionales consolidado que facilita el conocimiento de las necesidades en agricultura y horticultura (Alvarado-Hernández *et al.*, 2022); sin embargo, este enfoque es menos aplicado en el ámbito forestal, donde se considera que debe emplearse en conjunto con otros métodos que permitan determinar el estado nutricional y el posible uso de fertilizantes (Ávila-Arias *et al.*, 2025). La fertilización afecta la dinámica de los microorganismos del suelo que participan en la formación de humus, los ciclos de nutrientes, la descomposición de compuestos y la formación de agregados (Wu *et al.*, 2011). De acuerdo con Basave-Villalobos *et al.* (2020), la fertilización es la técnica más eficiente para acelerar el crecimiento y aumentar la supervivencia de las plantas en vivero y las masas forestales establecidas en campo.

Una de las alternativas en la silvicultura regenerativa es el uso de abonos verdes (AV) que son residuos y partes vegetales de un cultivo, los cuales pueden incorporarse al suelo, o bien permanecer como cultivo intercalado (García-Hernández *et al.*, 2010). Normalmente, se utilizan leguminosas como AV, ya que estas plantas tienen la capacidad de proporcionar N a los suelos, mediante la fijación biológica (Li *et al.*, 2015). Al incorporar AV como fuente de nutrientes en el suelo, se logra reemplazar parte de la fertilización química, lo que mejora la fertilidad física, química y biológica, y con ello se contribuye a una mejor salud del suelo (Obrador-Olán *et al.*, 2019).

Sesbania herbacea (Mill.) McVaugh es una leguminosa de rápido crecimiento, originaria de América del Norte que se desarrolla bien en condiciones húmedas y anegadas (Krishnan *et al.*, 2019). Se adapta de forma eficaz a suelos arcillosos, es capaz de proporcionar más de 200 kg N ha⁻¹ debido a su habilidad para prosperar y fijar N₂ en condición de inundación (Krishnan *et al.*, 2019; Naranjo-Landero *et al.*,

2020). Por lo anterior, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del abono verde de *Sesbania herbacea* sobre el estado nutrimental de la caoba en etapa inicial y la fertilidad del suelo; bajo la hipótesis de que es posible sustituir los fertilizantes químicos con abonos verdes durante la etapa inicial de crecimiento en plantaciones de caoba, obteniendo crecimientos estadísticamente similares.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, ubicado en el km 21 de la Carretera Federal 180 Cárdenas-Coatzacoalcos (18°01' N y 93°03' O), en el municipio Cárdenas, Tabasco, México. El suelo corresponde a un Vertisol (Palma-López et al., 2017). La región presenta un clima característico del trópico húmedo, de acuerdo con el sistema de Köppen modificado por García se clasifica como (Am(g) "w") cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Aceves-Navarro & Rivera-Hernández, 2019; García, 2004). La temperatura media anual es de 26 °C, con poca variación; precipitación anual de 2 324 mm en los meses secos y cerca de 4 000 mm en los meses más lluviosos; la evaporación media es de 1 400 mm de agua (Rivera-Hernández et al., 2016).

Material biológico

Las semillas de caoba se recolectaron en árboles previamente seleccionados en el mes de diciembre de 2022, con base en su vigor y salud aparente, en el área del Recinto del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, situado en el Periférico Carlos A. Molina s/n, en el km 3.5 de la carretera Cárdenas-Huimanguillo, Tabasco, México. Las plántulas fueron producidas en vivero, a partir de semillas germinadas sin ningún tratamiento, en bolsas de polietileno color negro de 12×22 cm que contenían una mezcla de arena, *Cosmopeat*® y Agrolita (2:1:1) más el fertilizante de liberación controlada (FLC) (*Multicote*™ Agri (8), 11.22.9+4 MgO+Boro). El experimento se estableció el 12 de julio de 2023 en un suelo sin actividad agrícola; las plantas de caoba tenían seis meses. Se suministró Triple 17, en dosis de 50 g por planta a los 15 días después de plantadas. Posteriormente, se realizaron dos aplicaciones de fertilizante, una cada seis meses, con la misma dosis y formulación.

Diseño experimental y tratamientos

Se consideraron dos tratamientos: T1, que consistió en caoba con AV de *S. herbacea* (CAV), y T2, que correspondió a caoba con fertilización química (Triple 17) (CFQ). Los tratamientos se evaluaron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, para un total de ocho unidades experimentales, cada una de 8×12 m, compuesta por 16 árboles a una distancia de 2×3 m; lo que resultó en 128 árboles. Para evitar el efecto de borde, no se monitorearon los árboles de la orilla. La superficie útil de la parcela experimental fue de 768 m². Desde el establecimiento de la plantación se llevó a cabo un control manual periódico de las arvenses en el tratamiento CFQ.

En octubre de 2023 se realizó la siembra de *S. herbacea* al voleo, a una densidad de 15 kg de semilla ha⁻¹; esto se efectuó cuando las plantas de caoba tenían tres meses de plantadas; 60 días después de la emergencia de la leguminosa, se recolectó una muestra de 1 m² de la parte central de cada repetición para determinar su peso seco total, incluyendo sus componentes: tallos y hojas (Almeida-Santos et al., 2019). Las muestras vegetales se pesaron en fresco con una balanza analítica (*Ohaus*® AR0640) con una precisión de 0.001 g; enseguida, se lavaron con agua destilada, se colocaron en bolsas de papel y secaron en un horno *Shel*® CE5F de circulación forzada a 75 °C, hasta obtener peso constante; se pesaron y molieron, posteriormente se realizaron los análisis nutrimentales (Kalra, 1997).

Variables evaluadas y análisis estadístico

Para determinar el estado nutrimental de las plantas de caoba, se efectuaron dos muestreos foliares a los 10 y 15 meses de edad después de establecida en campo. Se recolectó la segunda hoja recientemente madura de cuatro árboles seleccionados al azar en cada unidad experimental. Las muestras vegetales se guardaron en bolsas de papel y se secaron a 65 °C por 72 horas en un horno de circulación forzada (*Shel*® CE5F), se pulverizaron en un molino *Wiley*, y se llevaron al laboratorio del Centro de Investigación e Innovación para la Sustentabilidad de la Palma de Aceite (Ciispalma) para realizar los análisis nutrimentales de *N*, *P*, *K*, *Ca*, *Mg*, *S*, *Cu*, *Fe*, *Mn*, *Zn* y *B* (Sadzawka et al., 2007). El efecto de la asociación caoba-*S. herbacea* sobre la fertilidad del suelo, se determinó mediante dos muestreos en el área de estudio. El primero se realizó tras la mecanización del suelo y el segundo al concluir el estudio, cuando la plantación tenía 15 meses de establecida en campo. En ambos casos se obtuvo una muestra compuesta de 15 submuestras a una profundidad de 0-30 cm, utilizando una barrena

tipo holandesa, se cubrió toda el área (Salgado-García *et al.*, 2006). Los análisis de suelo se hicieron de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 (Semarnat, 2002).

Los datos fueron analizados con un ANOVA en el *software Statistica* versión 14.1.0 (TIBCO Software Inc., 2023) en caso de encontrar diferencias estadísticas se realizó la prueba de *Tukey* con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$; se verificaron los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianzas.

Resultados y Discusión

Efecto de los tratamientos sobre el estado nutrimental de plantas de caoba

A partir del análisis de varianza, no se registraron efectos significativos de los tratamientos sobre la concentración foliar de nutrientes en las plantas de caoba para ninguno de los elementos evaluados ($p > 0.05$), aunque la concentración de *N* y *P* fue mayor con CAV que con CFQ, en los dos periodos de muestreo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenidos nutrimentales en hojas de caoba a los 10 y 15 meses de establecida en campo.

Parámetro	Unidad	10 meses		15 meses	
		CAV	CFQ	CAV	CFQ
<i>N</i>	%	1.7±0.15	1.63±0.15	1.65±0.07	1.54±0.07
<i>P</i>		0.11±0.05	0.10±0.05	0.18±0.025	0.16±0.025
<i>K</i>		0.98±0.19	1.08±0.19	0.29±0.03	0.30±0.03
<i>Ca</i>		1.18±0.7	1.39±0.7	1.53±0.07	1.56±0.07
<i>Mg</i>		0.11±0.03	0.13±0.03	0.30±0.05	0.26±0.05
<i>S</i>		0.22±0.02	0.23±0.02	0.14±0.03	0.13±0.03
<i>Cu</i>	mg kg ⁻¹	6±0.01	6±0.01	2.27±0.24	2.27±0.24
<i>Fe</i>		49±16.1	35±16.1	87.20±6.32	76.14±6.32
<i>Mn</i>		9±3.39	7±3.39	15.57±1.38	14.66±1.38
<i>Zn</i>		7±1.0	7±1.0	19.39±3.12	18.66±3.12
<i>B</i>		17±6.5	23±6.5	29.91±3.48	25.69±3.48

CAV = Caoba con abono verde; CFQ = Caoba con fertilización química (Triple 17).

Los valores corresponden a las medias±error estándar. En ningún elemento se registraron efectos significativos de los tratamientos evaluados.

Aunque no hubo diferencias estadísticas en ninguno de los elementos analizados, incluidos los microelementos, a los 15 meses las plantas del tratamiento CAV presentaron mayores concentraciones de *Mg*, *Fe*, *Mn* y *Zn*; ello sugiere una mejora en la disponibilidad y reciclaje nutrimental asociado al uso de *Sesbania herbacea* como abono verde. Las concentraciones nutrimentales no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos; tampoco se observaron diferencias entre tiempos de muestreo (10 y 15 meses). La concentración de *N* a los 10 meses en CAV fue de 1.7 % y en CFQ de 1.63 %, mientras que a los 15 meses fue de 1.65 y 1.54 % para CAV y CFQ, respectivamente. Estos valores están dentro del intervalo de 1.59-1.81 % señalado por Alvarado et al. (2015) para caoba.

La concentración de *P* a los 10 meses en CAV fue de 0.11 % y en CFQ de 0.10 %; a los 15 meses se incrementó a 0.18 y 0.16 %, respectivamente. Estos últimos

coinciden con lo indicado por Alvarado et al. (2015), quienes documentan de 0.18 a 0.19 %, así como Calvo-Alvarado et al. (2008) que citan 0.19 %. Al respecto, las bajas concentraciones de *P* en la biomasa aérea son comunes para especies forestales tropicales (Blanco-Rojas et al., 2004).

Las concentraciones de *K* a los 10 meses fueron de 0.98 % en CAV y 1.08 % en CFQ; disminuyeron considerablemente a los 15 meses, cuando alcanzaron 0.29 y 0.30 %, respectivamente. Los valores iniciales fueron consistentes con los de Drechsel y Zech (1991), quienes registraron una concentración intermedia de 0.97 %. Sin embargo, los valores correspondientes a los 15 meses fueron inferiores a los documentados por Alvarado et al. (2015).

En el caso del *Ca*, se observaron concentraciones de 1.18 % en CAV y 1.39 % en CFQ a los 10 meses, las cuales aumentaron a 1.53 y 1.56 %, respectivamente, a los 15 meses. Estos valores fueron superiores a los registrados por Alvarado et al. (2015), quienes determinaron concentraciones de 0.76 a 0.79 %, así como al valor de 1.14 % citado por Calvo-Alvarado et al. (2008). En conjunto, los resultados muestran un comportamiento contrastante entre ambos nutrientes: mientras que el *K* presentó una disminución marcada entre los 10 y 15 meses, el *Ca* presentó un incremento durante el mismo periodo.

En la evaluación realizada a los 10 meses, la concentración de *Mg* fue de 0.11 % en el tratamiento CAV y de 0.13 % en CFQ; a los 15 meses, estos valores aumentaron a 0.30 y 0.26 %, respectivamente. Los porcentajes registrados a los 15 meses fueron superiores al intervalo de 0.11-0.13 % documentado por Alvarado et al. (2015) y similares al valor de 0.20 % señalado por Calvo-Alvarado et al. (2008).

Respecto al *S*, los resultados fueron inferiores a lo citado por Calvo-Alvarado et al. (2008). Asimismo, las concentraciones de *Cu* y *Fe* fueron menores que las registradas por Alvarado et al. (2015), Calvo-Alvarado et al. (2008) y Drechsel y Zech (1991). No obstante, a los 15 meses, la concentración de *Fe* superó los valores intermedios de 53-68 mg kg⁻¹ consignados por Drechsel y Zech (1991).

Las concentraciones de *Mn* y *Zn* resultaron mayores a los 15 meses. En particular, la del *Zn* que superó el intervalo de 15-16 mg kg⁻¹ señalado por Alvarado et al. (2015).

Los niveles de *B* se ubicaron dentro del intervalo de 25-30 mg kg⁻¹ registrado por Drechsel y Zech (1991), aunque fueron inferiores al valor de 674 mg kg⁻¹ señalado por Calvo-Alvarado et al. (2008).

La concentración foliar de nutrimentos permite relacionar las variables de crecimiento con la nutrición y el desarrollo de las plantaciones (Telles-Antonio et al., 2022). Por otro lado, Murillo et al. (2014) señalan que los nutrientes foliares varían con la edad, como en las plantaciones de teca (*Tectona grandis* L. f.), cuyas concentraciones de *Ca*, *Mg*, *Mn* y *Fe* tienden a incrementarse con el tiempo, mientras que las de *N*, *K* y *Zn* disminuyen; sin embargo, existe poca información sobre la concentración foliar de nutrimentos en especies forestales tropicales (Alvarado-Hernández et al., 2022).

Efecto de los tratamientos en la fertilidad del suelo

En el Cuadro 2 se incluyen los resultados de los análisis físico y químico del suelo realizados antes (muestreo inicial) y después de la aplicación de los tratamientos (muestreo final en los tratamientos CAV y CFQ). En la columna de la derecha se integra la interpretación de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 (Semarnat, 2002), que coincide para los tres casos.

Cuadro 2. Análisis de la fertilidad del suelo del Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, México.

Parámetro	Unidad	Muestreo inicial (0-30 cm)	Muestreo final (0-30 cm)		Interpretación: NOM-021-RECNAT-2000		
			CAV	CFQ	Muestreo inicial	Muestreo final	
						CAV	CFQ
<i>pH</i> (H ₂ O)	Rel. 1:2	5.98	6.2	5.6	Moderadamente ácido		
<i>CE</i>	dS m ⁻¹	0.09	0.06	0.15	Efectos despreciables de la salinidad		
<i>MO</i>	%	4.03	3.78	4.58	Alto		
<i>Nt</i>		0.15	0.19	0.23	Alto		
<i>P-Olsen</i>	mg kg ⁻¹	9.64	10.05	10.11	Medio		
<i>K</i>	cmol(+) kg ⁻¹	0.23	0.27	0.25	Baja		
<i>Ca</i>		10.03	9.91	10.05	Alta		
<i>Mg</i>		1.94	1.94	1.95	Media		
<i>CIC</i>		22.63	22.61	22.59	Media		
<i>Fe</i>	mg kg ⁻¹	12.58	16.1	16.0	Adecuado		
<i>Cu</i>		2.96	4.7	7.4	Adecuado		
<i>Zn</i>		2.01	3.7	2.0	Adecuado		
<i>Mn</i>		1.87	16	8	Adecuado		
Arcilla	%	45	46	45			
Limo		38	37	38			
Arena		17	17	17			
Clasificación textual: Arcilla							

*CAV = Caoba con abono verde; CFQ = Caoba con fertilización química (Triple 17).

CE = Conductividad eléctrica; *MO* = Materia orgánica; *Nt* = Nitrógeno total; *CIC* = Capacidad de intercambio catiónico. Rel. = Relación.

El suelo es moderadamente ácido, con un *pH* inicial de 5.98. El tratamiento CAV presentó un *pH* final de 6.2, mientras que en el tratamiento CFQ fue de 5.6 al finalizar el trabajo. La mayoría de los nutrientes tuvieron niveles de bajos a altos, la fertilidad química del suelo analizado favorece el óptimo crecimiento y desarrollo de la caoba. Pérez-Vela (2017) señala que esta especie prospera en suelos de textura arcillosa a franco arcillosa, con buena retención de humedad, pero drenaje adecuado para evitar encharcamientos, fértiles, *pH* ligeramente ácido a neutro (5.5-7.5) debido a que los

suelos ligeramente ácidos le permiten mejor absorción de nutrientes, alta materia orgánica (*MO*) y disponibilidad de nutrientes como calcio, magnesio, potasio y fósforo, además de baja saturación de aluminio. Condiciones que favorecen su crecimiento inicial y la calidad de la madera.

Con base en los resultados de los análisis químicos del suelo se realizó la estimación del suministro edáfico de los nutrientes *N*, *P* y *K* a las plantas. En el tratamiento CAV fue de 7.125, 37.6875 y 395.8875 kg ha⁻¹, respectivamente; y en el tratamiento CFQ de 8.625, 37.9125 y 366.5625 kg ha⁻¹, respectivamente.

Los vertisoles (VR) son suelos arcillosos con problemas de agrietamiento en época de sequía, lo que limita el buen desarrollo radical de las plantas. A pesar de ser ricos en nutrientes, tienen restricciones para su utilización en cultivos agrícolas, debido a su manto freático alto y lenta permeabilidad, por lo que solo ciertos cultivos se desarrollan adecuadamente (Palma-López, 2019).

El diagnóstico del estado nutrimental mostró un suelo moderadamente ácido de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 (Semarnat, 2002). Con un *pH* inicial de 5.98, y un *pH* final de 6.2 en el tratamiento CAV, mientras que en CFQ fue de 5.6. El *pH* del suelo está relacionado con la dinámica de los nutrimentos esenciales; así los valores registrados en el presente estudio, no representan ningún problema para el crecimiento y desarrollo de las plantas de caoba (Norghauer et al., 2008).

La *CE* inicial para el tratamiento de CAV fue de 0.09 dS m⁻¹ y al final registró 0.06 dS m⁻¹ y para CFQ fue de 0.15 dS m⁻¹, esto indica que la salinidad del suelo no tuvo efectos negativos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, de acuerdo con los parámetros de la NOM-021-RECNAT-2000 (Semarnat, 2002).

Los niveles de *MO* y *Nt* mostraron contenidos altos, tanto al comienzo como al final de la investigación con valores de entre 3.78 a 4.58 % para *MO* y de 0.15 a 0.23 % para *Nt*. Es importante señalar que el parámetro de mayor influencia en la fertilidad del suelo es la *MO* (Nyamasoka-Magonziwa et al., 2020). Los materiales orgánicos que aportan las plantaciones no solo favorecen el aumento de la *MO* y la dinámica de

nutrientes, sino que, además, contribuyen a la heterogeneidad espacial de las propiedades edáficas (Zalamea et al., 2007).

La disminución de la *MO* en el tratamiento con abono verde pudo deberse a que la actividad enzimática de la biota del suelo con este manejo suele ser mayor, y con ello se incrementan las tasas de mineralización de *C* y *N* (Liborio-Balota & Dias-Chaves, 2010). Con la aplicación de abonos verdes se aumenta la fertilidad y la conservación del suelo; por otra parte, los árboles en las áreas forestales ayudan a mejorar las reservas de carbono orgánico del suelo (*COS*) y el abono verde asociado, por su manejo y naturaleza, aporta nutrientes solubles en el corto plazo (Singh et al., 2020).

El *P-Olsen* inicial fue de 9.64 mg kg⁻¹, mientras que el final en CAV fue de 10.05 mg kg⁻¹ y en CFQ de 10.11 mg kg⁻¹. De los tres elementos mayores, el *P* es el menos demandado por las plantas cultivadas (Pérez-Camacho et al., 2024); sin embargo, este elemento tiene un papel muy importante en suelos ácidos, donde su aplicación oportuna en dosis adecuadas para las especies forestales es esencial en el manejo silvícola (Huang et al., 2023).

En lo que respecta a las bases de intercambio, el *Ca* tuvo contenidos altos al inicio y al final del estudio. En el primer muestreo se registró un valor de 10.03 cmol(+) kg⁻¹, mientras que al concluir, en el tratamiento CAV se alcanzó un valor de 9.91 cmol(+) kg⁻¹, y en el tratamiento CFQ fue de 10.05 cmol(+) kg⁻¹. El *K* presentó un contenido bajo en las dos evaluaciones; el primer muestreo fue de 0.23 cmol(+) kg⁻¹ y al finalizar el estudio, el valor del tratamiento CAV fue de 0.27 cmol(+) kg⁻¹ y el tratamiento CFQ registró 0.25 cmol(+) kg⁻¹. Asimismo, el contenido de *Mg* fue medio, al inicio fue de 1.94 cmol(+) kg⁻¹ y al final se registraron 1.94 cmol(+) kg⁻¹ en el tratamiento CAV y 1.95 cmol(+) kg⁻¹ en el tratamiento CFQ. Los contenidos para *Ca*, *K* y *Mg* son suficientes para un crecimiento adecuado de la caoba (Negreros-Castillo et al., 2018).

En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico (*CIC*) tanto al inicio como al final se clasificó como media (Semarnat, 2002). La *CIC* inicial fue de 22.63 cmol(+) kg⁻¹, mientras que en el tratamiento CAV se registró un valor de 22.61 cmol(+) kg⁻¹ y el tratamiento CFQ obtuvo 22.59 cmol(+) kg⁻¹, lo que sugiere que se trata de un suelo con un buen nivel de

arcilla. Por último, los contenidos de los microelementos *Fe*, *Cu*, *Zn* y *Mn* resultaron adecuados, tanto al inicio como al final de la investigación (Semarnat, 2002).

El uso de los AV es una manera racional de mejorar la fertilidad de los suelos (García-Hernández et al., 2010). Los efectos a largo plazo de los AV generan importantes mejoras en los niveles de *MO* y en la actividad microbiana, aunque al inicio de su uso es difícil observar mejorías, sobre todo en las propiedades físicas del suelo (Martins-Costa et al., 2023). Fuentes-Molina et al. (2023) indican que las propiedades químicas de los suelos en plantaciones muestran condiciones ligeramente más favorables, principalmente en el contenido de *MO* y nutrientes, además de controlar la presencia de arvenses.

En este contexto, investigaciones con *Crotalaria juncea* L., utilizada como abono verde, evidencian que su efecto sobre las propiedades edáficas está condicionado por el tiempo de evaluación. Almeida-Santos et al. (2019) no detectaron modificaciones en las propiedades químicas de un suelo cañero durante el primer año después de la incorporación de *C. juncea*, aunque evidenciaron una respuesta favorable en el control de especies arvenses. En concordancia, Magaña-Valenzuela et al. (2020) no registraron diferencias significativas en la fertilidad del suelo entre la fertilización mineral y el uso de AV de *C. juncea*. Por su parte, Córdova-Sánchez et al. (2023) observaron una disminución de la densidad radicular asociada tanto con el incremento de la fertilización química, como con la incorporación del mismo tipo de AV en una plantación de teca. Recientemente, Jiménez-Pozo et al. (2025) determinaron que después de un año de haber aplicado AV, no hubo un efecto significativo en la fertilidad del suelo donde crecía *T. grandis*. En conjunto, estos resultados sugieren que los cambios en las propiedades nutricionales del suelo derivados del uso de *C. juncea* pueden requerir periodos de evaluación superiores a un año para manifestarse de manera consistente.

Por último, es evidente que además del aporte de nutrientes, los abonos verdes inciden en la mejora del ambiente químico del suelo, estabilizan el *pH*, promueven la actividad microbiana y la disponibilidad nutrimental, lo que incrementa su potencial agroecológico y forestal (Hernández-Herrerías et al., 2022).

Conclusiones

El uso de *Sesbania herbacea* como abono verde es una excelente alternativa para la nutrición en etapas tempranas de crecimiento y desarrollo de las plantas de caoba, así como en la conservación de la fertilidad de un suelo arcilloso. Los abonos verdes no solo aportan nitrógeno, también favorecen el incremento de la fertilidad de suelo si se les utiliza durante un periodo prolongado.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia, y Tecnología (actualmente Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación) por el apoyo otorgado a la autora principal en el Programa de Doctorado en Ciencias Agrícolas en el Trópico (Prodocat) del Colegio de Postgraduados y a la Línea Manejo Sustentable de los Recursos Naturales para la Producción Agroalimentaria (TABLGAC-01-MSRN) del Campus Tabasco, por los recursos financieros aportados para el trabajo de campo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Contribución por autor

Yesenia García Estrada: trabajo en vivero y campo, toma y análisis de datos, interpretación de resultados y redacción del escrito; Eustolia García López: supervisión de la investigación, verificación de resultados y revisión del escrito;

José Jesús Obrador Olán: supervisión de la investigación, verificación e interpretación de resultados y revisión del escrito; Saúl Sánchez Soto: supervisión de la investigación y revisión del escrito; Eugenio Carrillo Ávila: diseño metodológico, análisis estadístico y revisión del escrito; Francisco Rojas Pérez: trabajo en vivero y campo, toma y análisis de datos.

Referencias

- Aceves-Navarro, L. A., & Rivera-Hernández, B. (2019). Clima. En A. Cruz-Angón, J. Cruz-Medina, J. Valero-Padilla, F. P. Rodríguez-Reynaga, E. D. Melgarejo, E. E. Mata-Zayas & D. J. Palma-López (Coords.). *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado Vol. I* (pp. 61-68). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.researchgate.net/publication/364733507_La_biodiversidad_en_Tabasco_estudio_de_estado_volumen_1
- Almeida-Santos, L. E., Obrador-Olán, 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, Tabasco, México. *Agroproductividad*, 12(7), 87-93. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1475>
- Alvarado, A., Camacho, M. E., Fernández-Moya, J., Mezger, G., Mata, R., Bertsch, F., Araya, M. A., Avellán, M. J., Murillo, R., Ramírez, D., Portuguese, E. M., Fallas, J. L., Ávila, C. E., Montero, M., Raigosa, J., Ríos, V., & Vaidés, E. E. (2015). Interpretación del análisis foliar de varias especies latifoliadas del trópico americano. En Centro de Investigaciones Agronómicas (Comp.), *VIII congreso Nacional de Suelos* (pp. 1-68). Asociación Costarricense de las Ciencias del Suelo. <https://oa.upm.es/85470/>
- Alvarado-Hernández, A., Chaves-Corea, R., Chacón-Madriral, E., Rodríguez-Alfaro, W., & Blanco-Montero, F. (2022). Diagnóstico foliar de nutrimentos de nueve especies forestales tropicales de tres pisos altitudinales en Centro América. *Agronomía Costarricense*, 46(1), 25-45. <https://doi.org/10.15517/rac.v46i1.49866>

- Ávila-Arias, C. E., Chinchilla-Mora, O., Meza-Picado, V. H., Fonseca-González, W., & Arias-Aguilar, D. (2025). Respuesta de clones de caoba (*Swietenia macrophylla* King) a la fertilización química en invernadero. *Colombia Forestal*, 28(1), Artículo e21987. <https://doi.org/10.14483/2256201x.21987>
- Basave-Villalobos, E., Cetina-Alcalá, V. M., López-López, M. Á., Trejo, C., Ramírez-Herrera, C., & Conde-Martínez, V. (2020). Fertilización de *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth en vivero: efectos de la calidad de planta. *Madera y Bosques*, 26(3), Artículo e2632059. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2632059>
- Blanco-Rojas, M. L., Carpio-Malavassi, I. M., & Muñoz-Umaña, F. de M. (2004). *Fichas técnicas de 20 especies maderables de importancia comercial en Costa Rica* (1ra ed.). Editorial de la Universidad de Costa Rica. <https://search.worldcat.org/es/title/Fichas-tecnicas-de-20-especies-maderables-de-importancia-comercial-en-Costa-Rica/oclc/56602095>
- Calvo-Alvarado, J., Arias-Aguilar, D., Jiménez-Rodríguez, C., & Solano-Montero, J. C. (2008). Efecto de cinco sustratos en el contenido foliar de nutrientes y crecimiento inicial de tres especies forestales empleadas en Mesoamérica. *Kurú: Revista Forestal*, 5(14), 1-15. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/422>
- Carranza-Patiño, M. S., Marín-Cuevas, C. V., Herrera-Feijoo, R. J., Torres-Rodríguez, J. A., & Espinoza-Torres, M. C. (2024). Estrategias biotecnológicas avanzadas para la optimización de la diversidad genética y la propagación vegetativa en *Swietenia macrophylla*. *Código Científico Revista de Investigación*, 5(E4), 320-337. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE4/496>
- Comisión Nacional Forestal. (2024a). *Superficies de Plantaciones Forestales Comerciales establecidas con apoyos de la CONAFOR* [Base de datos]. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://snif.cnf.gob.mx/download/superficies-de-plantaciones-forestales-comerciales/>
- Comisión Nacional Forestal. (2024b). *Programa operativo de sanidad forestal 2024 del estado de Tabasco* [Libro blanco]. Comisión Nacional Forestal. <https://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/02%20Informes%20de%20acciones%20operativas/DiagnosticosEstatales/2024/Tabasco.pdf>
- Córdova-Sánchez, A., Obrador-Olán, J. J., Castelán-Estrada, M., Palma-López, D. J., García-López, E., Villanueva-López, G., & Pascual-Córdova, G. (2023). Densidad de

longitud de raíces finas de teca, en un Vertisol Léptico de Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2), Artículo e3417. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3417>

Danquah, J. A., Appiah, M., Osman, A., & Pappinen, A. (2019). Geographic distribution of global economic important mahogany complex: A review. *Annual Research & Review in Biology*, 34(3), Article 540752. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v34i330154>

Drechsel, P., & Zech, W. (1991). Foliar nutrient levels of broad-leaved tropical trees: A tabular review. *Plant and Soil*, 131(1), 29-46. <https://www.jstor.org/stable/42936925>

Fuentes-Molina, N., Varela-Martínez, D. A., & Garcia-Solano, D. (2023). Cultivos de cobertura como alternativa sostenible: análisis de *Pueraria phaseoloides* en suelos tropicales. *Información Tecnológica*, 34(1), 47-58. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642023000100047>

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (5ta ed., Serie Libros Núm. 6). Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. <https://publicaciones.geografia.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>

García-Hernández, J. L., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Fortis-Hernández, M., Márquez-Hernández, C., Castellanos-Pérez, E., Quiñones-Vera, J. de J., & Ávila-Serrano, N. Y. (2010). Avances en investigación y perspectivas del aprovechamiento de los abonos verdes en la agricultura. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 391-399. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000400011

Hernández-Herrerías, L. B., De León-González, F., Rodríguez-Sánchez, L. M., Barrales-Brito, E., Hidalgo-Moreno, C., & Fuentes-Ponce, M. H. (2022). Green manure as a soil fertility and environmental option in semiarid agrosystems: mineralization rate and N content. *Agrociencia*, 56(3), Article 2806. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v56i3.2806>

Huang, J., Liu, L., Liu, J., Zhang, W., Wang, S., Ye, Q., Mo, J., & Zheng, M. (2023). Seven years phosphorus addition has no effect on soil acidity in two tropical plantations. *Forest Ecology and Management*, 532, Article 120822. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120822>

- Jiménez-Pozo, L. P., Salcedo-González, L. A., Desiderio-Vera, T. X., Guamán-Guamán, R. N., Villavicencio-Abril, Á. F., Ulloa-Cortázar, S. M., & Reina-Fierro, J. E. (2025). Influencia de los abonos verdes en la fertilidad del suelo y crecimiento de *Tectona grandis* en Santo Domingo, Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 22(50), 39-47. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v22i50.7762>
- Kalra, Y. (1997). *Handbok of reference methods for plant analysis*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780367802233>
- Krishnan, H. B., Oehrle, N. W., Alaswad, A. A., Stevens, W., Maria-John, K. M., Luthria, D. L., & Natarajan, S. S. (2019). Biochemical and anatomical investigation of *Sesbania herbacea* (Mill.) McVaugh nodules grown under flooded and non-flooded conditions. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(8), Article 1824. <https://doi.org/10.3390/ijms20081824>
- Li, F., Wang, Z., Dai, J., Li, Q., Wang, X., Xue, C., Liu, H., & He, G. (2015). Fate of nitrogen from green manure, straw, and fertilizer applied to wheat under different summer fallow management strategies in dryland. *Biology and Fertility of Soils*, 51, 769-780. <https://doi.org/10.1007/s00374-015-1023-2>
- Liborio-Balota, E., & Dias-Chaves, J. C. (2010). Enzymatic activity and mineralization of carbon and nitrogen in soil cultivated with coffee and green manures. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(5), 1573-1583. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000500010>
- Magaña-Valenzuela, W., Obrador-Olán, J. J., García-López, E., Castelán-Estrada, M., & Carrillo-Ávila, E. (2020). Rendimiento comparativo de la yuca bajo fertilización mineral y abono verde. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1259-1271. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2202>
- Martins-Costa, R., Parra-Serrano, L. J., Silva-Torquato, L., Cunha-de Meneses, K., & Furtado-de Farias, M. (2023). Influencia del abono verde en los atributos físicos de un Latosol Amarillo distrófico. *Acta Agronómica*, 71(4), 396-404. <https://doi.org/10.15446/acag.v71n4.102578>
- Murillo, R., Alvarado, A., & Verjans, J. M. (2014). Concentración foliar de nutrimentos en plantaciones de teca en la cuenca del Canal de Panamá. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 11-28. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v38n1/a01v38n1.pdf>

- Naranjo-Landero, S., Obrador-Olán, J. J., García-López, E., Valdez-Balero, A., & Domínguez-Rodríguez, V. I. (2020). Arvenses en un suelo cultivado con caña de azúcar con fertilización mineral y abono verde. *Polibotánica*, (50), 119-135. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.9>
- Negreros-Castillo, P., Martínez-Salazar, I., Álvarez-Aquino, C., Navarro-Martínez, A., & Mize, C. W. (2018). Survival and growth of *Swietenia macrophylla* seedlings from seeds sown into slash and burn fields in Quintana Roo, Mexico. *Bois et Forêts des Tropiques*, 337, 17-26. <https://doi.org/10.19182/bft2018.337.a31628>
- Norghauer, J. M., Malcolm, J. R., Zimmerman, B. L., & Felfili, J. M. (2008). Experimental establishment of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) seedlings on two soil types in native forest of Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 255(2), 282-291. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.09.049>
- Nyamasoka-Magonziwa, B., Vanek, S. J., Ojiem, J. O., & Fonte, S. J. (2020). A soil tool kit to evaluate soil properties and monitor soil health changes in smallholder farming contexts. *Geoderma*, 376, Article 114539. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114539>
- Obrador-Olán, J. J., García-López, E., Almeyda-Santos, L. E., Castelán-Estrada, M., & Carrillo-Ávila, E. (2019). Weeds in a sugar cane soil cultivated with *Crotalaria juncea*. *Planta Daninha*, 37, Article e019171505. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100002>
- Palma-López, D. J. (2019). Suelos. En A. Cruz-Angón, J. Cruz-Medina, J. Valero-Padilla, F. P. Rodríguez-Reynaga, E. D. Melgarejo, E. E. Mata-Zayas & D. J. Palma-López (Coords.), *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado Vol. I* (pp. 43-49). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.researchgate.net/publication/364733507_La_biodiversidad_en_Tabasco_estudio_de_estado_volumen_1
- Palma-López, D. J., Jiménez-Ramírez, R., Zavala-Cruz, J., Bautista-Zúñiga, F., Gavi-Reyes, F., & Palma-Cancino, D. Y. (2017). Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México. *Agroproductividad*, 10(12), 29-35. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/33/27>
- Pérez-Camacho, P., Obrador-Olán, J. J., Castelán-Estrada, M., Carrillo-Ávila, E., Sol-Sánchez, Á., Córdova-Sánchez, A., & Juárez-López, J. F. (2024). Fertilización y

demanda nutrimental NPK de *Swietenia macrophylla* King y *Cedrela odorata* L. en desarrollo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(1), Artículo e3832. <https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3832>

Pérez-Vela, J. M. (2017). *Manual para el cultivo de la caoba* (Serie Técnica Núm. 1). Centro de Investigación, Enseñanza y Producción Agroforestal (Cepiagry). <https://es.scribd.com/document/393726347/Manual-de-Caoba>

Rivera-Hernández, B., Aceves-Navarro, L. A., Arrieta-Rivera, A., Juárez-López, J. F., Méndez-Adorno, J. M., & Ramos-Álvarez, C. (2016). Evidencias del cambio climático en el estado de Tabasco durante el periodo 1961-2010. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp.* (14), 2645-2656. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016001002645

Sadzawka R., A., Carrasco R., M. A., Demanet F., R., Flores P., H., Grez Z., R., Mora G., M. de la L., & Neaman, A. (2007). *Métodos de análisis de tejidos vegetales* (2da ed.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://www.schcs.cl/wp-content/uploads/2018/11/Analisi-de-tejidos-vegetales.pdf>

Salgado-García, S., Palma-López, D. J., Lagunes-Espinoza, L. del C., & Castelán-Estrada, M. (2006). *Manual para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis* (2da ed.). Colegio de Posgraduados. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/99906407/primer_libro_de_analisis_de_suelo_agua_y_planta-libre.pdf?1678932400=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMANUAL_PARA_MUESTREO_DE_SUELOS_PLANTAS_Y.pdf&Expires=1787251895&Signature=NJoqpLrWFdBe-yFK43eV-6H8zl1OXwtqKZLEPU46JuhJ4EEJ6yHhLSAWIWDAEKghESBW-uBUIEHRF2kF0ER9EOMfb8Hs96sA1krboey4bdW1ewM1OAut2yfUhGgq8~w-TiVFs0Mo7yY9VPxDHGWpHBsZlg-Oy2pQ6BFPAC-LNFM1yIMoywgJaUBmTyBKXTR~z0r76TAi75~NPIFW0Ee9afCEMrT1QTDGt9FbawQiQv5~7gNxJ4oeVaxsYrRYTr481ko-iUDMeivQAR8PHV19V4PS0pn1u7Pos9HYdJtU2XZueFo3exoXcXpKh-tLgtZ8wjOiImOqXIFs8V0F4CX7Q__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). *NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT 2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y*

clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Nación.
<https://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134778/35.-_NORMA_OFICIAL_MEXICANA_NOM-059-SEMARNAT-2010.pdf

Singh, N. R., Kumar, D., Rao, K. K., & Bhatt, B. P. (2020). Agroforestry: soil organic carbon and its carbon sequestration potential. In A. Raj, M. K. Jhariya, D. K. Yadav & A. Banerjee (Eds.), *Climate change and agroforestry systems. Adaptation and mitigation strategies* (pp. 119-141). Apple Academic Press.
https://www.researchgate.net/publication/340542887_Agroforestry_Soil_Organic_Carbon_and_Its_Carbon_Sequestration_Potential

Telles-Antonio, R., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., & Treviño-Garza, E. J. (2022). Crecimiento y rendimiento de plantaciones forestales: un análisis del estado actual de las tendencias mundiales. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 19(2), 126-140. <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i2.987>

TIBCO Software Inc. (2023). *TIBCO Statistica® 14.1.0* [Computer software]. TIBCO Software Inc. <https://docs.tibco.com/products/tibco-statistica-14-1-0>

Vester, H. F. M., & Navarro-Martínez, M. A. (2007). *Fichas ecológicas. Árboles Maderables de Quintana Roo*. Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica.
https://www.researchgate.net/publication/280649375_Fichas_ecologicas_de_arboles_maderables_de_Quintana_Roo?__cf_chl_tk=51Zkwmokdig6zyixU6d.5_aROn_B.56XSpuaVODMV_U-1786992262-1.0.1.1-hWrsALpKvYXqE3PkbvHaKSjmSRK_hhhdDmoZPWIViQw
Wu, F., Dong, M., Liu, Y., Ma, X., An, L., Young, J. P. W., & Feng, H. (2011). Effects of long-term fertilization on AM fungal community structure and Glomalin-related soil protein in the Loess Plateau of China. *Plant and Soil*, 342, 233-247.
<https://doi.org/10.1007/s11104-010-0688-4>

Zalamea, M., González, G., Ping, C.-L., & Michaelson, G. (2007). Soil organic matter dynamics under decaying wood in a subtropical wet forest: effect of tree species and decay stage. *Plant and Soil*, 296, 173-185. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9307-4>



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.