

Artículo Original. Enero-Diciembre 2019; 9:1-12. Recibido: 08/02/2019 Aceptado: 02/07/2019.

Evaluación de ocho especies de árboles endémicos del estado de Sonora en suelo agrícola

Evaluation of eight species endemic trees from the state of Sonora in agricultural land

Mc-Caughey-Espinoza Diana^{*1}  diana.mccaughey@unison.mx , **Hernán-Celaya Michel**²  hernan.celaya@unison.mx, **Ayala-Astorga Gloria**¹  gloria.ayala@unison.mx, **Burboa-Zazueta María**¹  maria.burboa@unison.mx , **Gracida-Valdepeña Miriam**¹  miriam.gracida@unison.mx, **Ochoa-Meza Andres**²  andres.ochoa@unison.mx

¹Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. México.

²Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. México. *Autor responsable y de correspondencia: Mc Caughey-Espinoza, Diana Miriam. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n. C.P. 83000, Hermosillo, Sonora. México.

RESUMEN

El cambio en el uso del suelo y factores como, sobre pastoreo, periodos largos de sequía y agricultura intensiva han provocado que los agostaderos de Sonora pierdan más de la mitad de su potencial productivo. La recuperación de suelos deteriorados es gradual y a largo plazo, por lo que urge implementar programas de rehabilitación en estas áreas. De acuerdo con los resultados, en lo que respecta a la altura, no se presentaron diferencias significativas de algunas especies, tales como: palo verde c., palo fierro y mezquite con valores de 37.11 a 45.56 cm, con respecto al resto de las especies (palo verde a., palo blanco, tepehuaje, palo verde h. ATZ y *ceiba tésota*), con valores de 90.6 a 112.7 cm. En cobertura aérea no se mostró diferencias significativas, en palo blanco, palo fierro y *ceiba tésota* con coberturas de 390.3 a 4394 cm², excepto las especies de palo verde c., palo verde a., tepehuaje, mezquite y palo v. h ATZ con coberturas de 3111 a 10068 cm². Por último, en lo que respecta a la cobertura del tallo, no se presentaron diferencias significativas entre las especies de palo verde c., palo verde a., tepehuaje, palo fierro, mezquite, palo v. h ATZ y *ceiba tésota* con tallos de 0.5592 a 3.0356 cm², excepto el palo blanco con 12.0480 cm². Es posible que estas especies a los 6 meses de su establecimiento en áreas agrícolas abandonadas puedan rehabilitar áreas en corto plazo.

Palabras clave: plantas nativas, altura, cobertura, tallo.

ABSTRACT

The change in land use and factors such as overgrazing, long periods of drought and intensive agriculture have caused that Sonora's pastures lose more than half of their productive potential. The recovery of deteriorated soils is gradual and long-term so, that it is urgent to implement rehabilitation programs in these areas. According to the results, with respect to height, there were no significant differences between some species such as: Palo Verde c., Palo Fierro and Mesquite with values of 37.11 to 45.56 cm, with respect to the rest of the species (Green stick a., White stick, Tepehuaje, Green stick H. ATZ and *Ceiba tésota*), with values of 90.6 to 112.7 cm. In aerial coverage, there were no significant differences, in palo blanco, Palo Fierro and *Ceiba tésota* with covers of 390.3 to 4394 cm², except for the species of paloverde c., paloverde a., Tepehuaje, Mesquite and Palo v. h ATZ with coverage from 3111 to 10068 cm². Finally, as regards stem coverage, there were no significant differences between the species of Palo verde c., Palo verde a., Tepehuaje, Palo Fierro, Mesquite, Palo v. h ATZ and *Ceiba tésota* with stems of 0.5592 to 3.0356 cm², except the White stick with 12.0480 cm². It is possible that these species, 6 months after their establishment in abandoned agricultural areas, can rehabilitate areas in the short term.

Keywords: native plants, height, coverage, stem.

INTRODUCCIÓN

En Sonora la producción pecuaria y agrícola son actividades importantes porque generan divisas a nuestro país por los productos de calidad que exporta. El estado cuenta con una superficie abierta dedicada al cultivo de 758,600 ha; de los cuales 694,200 ha son de riego y el resto, 64,400 ha de temporal (SAGARHPA, 2016); en estas zonas se producen hortalizas, granos y frutos. Los factores que afectan a los cultivos en el área de estudio, son: escases de agua, salinidad de los suelos, precipitaciones bajas y temperaturas altas. Estos factores generan un rendimiento bajo y su posterior abandono, generando islas de calor. El crecimiento de la población de la región, las dificultades económicas, el endeudamiento internacional y un decrecimiento en la productividad per cápita de los alimentos, han contribuido a una mayor demanda por las tierras agrícolas, y como consecuencia se incrementa la deforestación, el uso indiscriminado de agroquímicos, la producción marginal de las laderas, la erosión de los suelos y el deterioro de las cuencas y las fuentes de agua (Gallego *et al.*, 2012).

La recuperación de suelos degradados se ha favorecido al no contemplar la introducción de plantas nativas; con este tipo de acciones se recuperan los suelos degradados y evitando la erosión del mismo; además permitirá recargar los mantos freáticos. Mc Caughey-Espinoza *et al.*, 2019), utilizaron árboles nativos para la rehabilitación de canteras, obteniendo resultados satisfactorios; los árboles utilizados fueron mezquite (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC.), palo fierro (*Olneya tesota* A. Gray), palo verde azul (*Cercidium floridium* (Benth. ex A. Gray) S. Wats. y palo verde chino *Cercidium microphyllum* (Torr.) Rosse & J. La restauración ecológica de un terreno desertificado y afectado por erosión grave es un proceso a largo plazo que requiere un exhaustivo análisis de la estructura, composición y funcionamiento (Mongil *et al.*, 2015).

Por lo mencionado anteriormente, es importante implementar acciones que permitan cambiar el entorno del área perturbada, por mejores condiciones para establecer ecosistemas que fueron perdidos, generando vida de flora y fauna silvestre; como también minimizar el calentamiento global (Mc Caughey-Espinoza *et al.*, 2019).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el establecimiento y desarrollo de ocho especies arbustivas nativas del estado de Sonora, en un terreno agrícola con sistema de riego por goteo.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Campo Agrícola Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, ubicado en Hermosillo, Sonora, México, en las coordenadas, 29°00'48" Latitud Norte y 111°08'07" Longitud Oeste, a 150 msnm; en la zona se presenta una temperatura promedio de 23°C. El suelo es de textura

franco arenosa, y el agua de riego presentó una conductividad eléctrica de 0.57 dSm-1 y pH de 7.29.

Área seleccionada

Con la finalidad de conocer la respuesta de las diferentes especies ante la competencia de agua, nutrientes y luz; la evaluación se realizó en una parcela de 20 X 20 m. Las plantas estudiadas se sembraron a una distancia entre surcos de 1.6 m y una distancia entre plantas de 0.3 m.

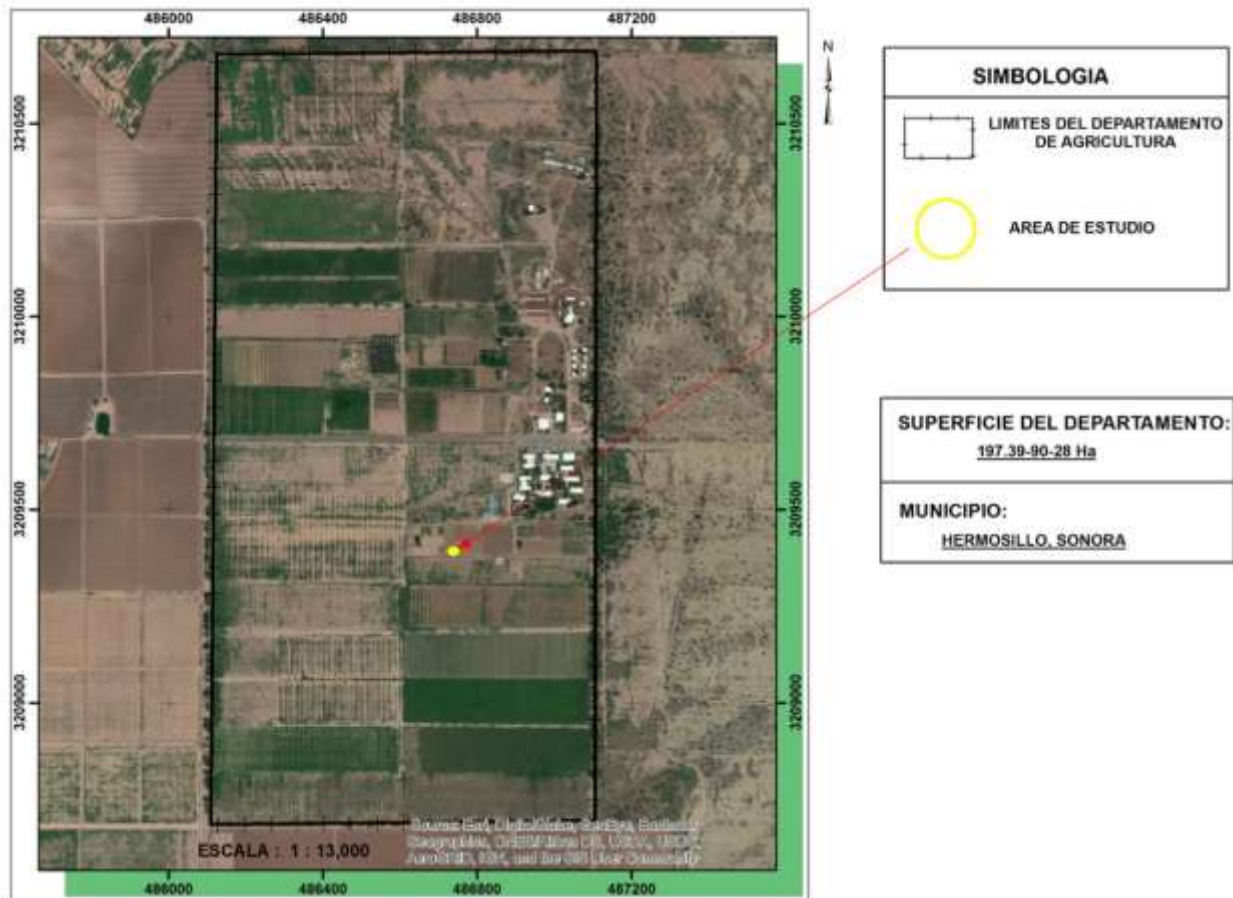


Figura 1.- Plano georreferenciado de la ubicación del área de estudio (ARCGIS, 2014).

Especies en estudio

Se colectaron semillas de ocho especies arbóreas (tabla 1), de la región y se realizaron diferentes tratamientos pre-germinativos, como químicos, físicos y mecánicos, para asegurar su germinación. Se sembraron semillas en el área de estudio en el mes de junio de 2018.

Distribución de las especies en el área de estudio

Las especies utilizadas para este estudio fueron seleccionadas, tomando como primer criterio su estatus como especie clave para el estado de Sonora; es decir, especies adaptadas para esos ecosistemas; también la versatilidad de estas especies en

adaptarse para crecer en diferentes condiciones agronómicas (edafológicas, nutrimentales, su potencial de germinación y adaptación) (Mc Caughey-Espinoza *et al.*, 2017).

Para la distribución de las especies en el área de estudio, se consideró un surco por especie; dichas plantas presentaban 6 meses de edad; se utilizaron 10 ejemplares por especie.

Tabla 1.- Listado de las especies de árboles en estudio

Surco	Nombre común	Nombre científico
1	Tésota palo verde	<i>Acacia occidentalis</i> Britton & Rose
2	Palo verde azul	<i>Cercidium Floridium</i> (Benth. ex A. Gray) S. Wats.
4	Palo blanco	<i>Ipomea arborescens</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
6	Palo verde chino	<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rosse & J.
9	Tepehuaje	<i>Lysiloma watsonii</i> Rose
10	Palo fierro	<i>Olneya tésota</i> A. Gray
11	Mezquite	<i>Prosopis velutina</i> Wooton
12	P. v. h. AZT	<i>Cercidium hybrid</i>

Aplicación de los riegos

Cabe mencionar que en los meses de julio, agosto y septiembre no se les aplicó ningún riego, ya que en estas fechas se presentaron lluvias. La lámina de riego que se aplicó fue de 10.0 cm³ por semana, desde finales de septiembre hasta noviembre, con el propósito de crear un pequeño bulbo de humedad y mantener a las plantas con la mínima cantidad de agua, y a su vez (propiciar o estimular) la generación de raíces para asegurar su adaptación y sobrevivencia con la menor cantidad de agua posible.

Parámetros a evaluar

En este estudio se evaluaron algunas mediciones dasométricas (altura, cobertura aérea y cobertura de tallo), a los 6 meses de su establecimiento. De acuerdo a la adaptación y desarrollo de las plantas en estos ambientes semidesérticos, se consideró adecuado evaluar cada una de las plantas de acuerdo con su capacidad de desarrollo y establecimiento. De cada individuo se realizaron mediciones de cobertura de tallo, diámetro de cobertura y altura; considerándose una única medición. La medición del diámetro de tallo se realizó en la base del tallo; el diámetro de cobertura se obtuvo al medir la copa de las plantas; para ello se utilizó una cinta métrica y los valores se expresaron en cm².

$$A = \pi r^2$$

Diseño experimental

Para llevar a cabo este trabajo se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, considerando 10 plantas por especie; se realizó un análisis de varianza de los datos dasométricos (altura, cobertura de área y tallo); empleando la prueba de media de Tukey-

Kramer con un alfa de 0.05%, estos análisis se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico JMP 5.0.1 (JMP, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En estos resultados se formaron dos grupos, aquellos que presentaron una altura cercana a 1 metro de altura y los que se encontraron por debajo de 0.50 metros, presentándose un contraste de crecimiento rápido de un grupo de árboles con respecto a otro.

Al analizar los datos no se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), el palo verde ATZ presentó 112.7 cm., tepehuaje 112.2 cm., tésota 97.4 cm, palo blanco 97.3 cm. y palo verde azul 90.6 cm., excepto con las especies de palo fierro, palo verde c. y mezquite presentaron valores de 37.11 a 45.5 cm. (figura 2, tabla 2).

Las especies estudiadas, de acuerdo con sus características fisiológicas presentaron un crecimiento positivo, sobre todo la de palo fierro, debido a que se considera una especie de lento crecimiento; su comportamiento fue mejor que las de palo verde, incluyendo al mezquite. La altura de las plantas en relación con su establecimiento, muestra que las plantas se adaptaron al sitio.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos de las especies en estudio, muestran su desarrollo en otro contexto, partiendo desde su siembra y condiciones existentes de nutrientes, materia orgánica y la posibilidad de tener humedad cerca. Según Mc Caughey-Espinoza *et al.*, (2019). Los cinco factores importantes que se deben considerar, son: utilizar plantas de la región, disponibilidad de agua, tipo de suelo, nutrientes, época de trasplante y protección de la fauna silvestre o doméstica.

En este estudio se cumplieron dichas condiciones que favorecieron la siembra, sobrevivencia y desarrollo de las especies, y de esta forma ayudar a la auto-regeneración de un ecosistema dañado o transformado a que exista presencia de suelo; cuyo objetivo es luchar por la estructura, funcionamiento (recuperando los servicios ecosistémicos), diversidad y dinámica del ecosistema histórico y autóctono (Hobbs y Norton, 1996; Ehrenfeld, 2000; Kremen y Ostfeld, 2005; Cadotte *et al.*, 2011).

Cobertura aérea

El desarrollo foliar de las especies en estudio, se puede observar en la tabla 1, que el palo v. h. ATZ presentó la mayor cobertura de aérea con 10068.3 cm², seguido se encuentran el mezquite con 5626.1 cm² y tepehuaje con 4394.1 cm²; en los de talla mediana se encuentra el palo blanco, palo verde chino y palo verde azul; por último, los que presentaron coberturas más bajas, están el palo fierro con 1624.0 cm² y ceiba y tésota con 390.3 cm². Con respecto a la cobertura aérea, las especies arbóreas, como, palo verde chino, palo verde azul, tepehuaje, mezquite y palo verde híbrido ATZ, no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), respecto al resto de las especies de árboles en estudio (tabla 2 y figura 3).

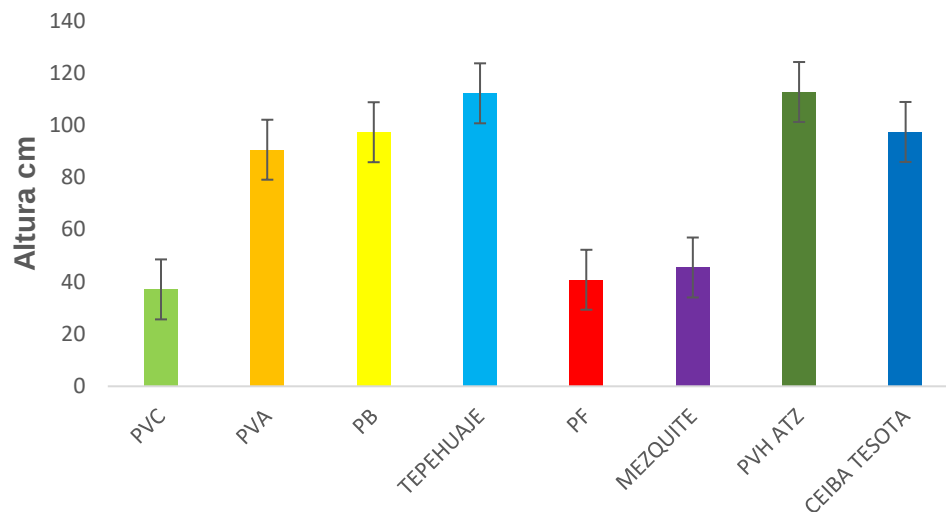


Figura 2.- Promedio de la altura en cm de cada una de las especies en estudio

La cobertura aérea que presentaron las especies fue muy aceptada, ya que estos resultados indican que estas plantas pueden presentar perímetros de 98.77 a 307.87 metros, y aseguraría tener doseles que generaran materia orgánica, absorción de agua y refugio para animales. El área foliar está fuertemente relacionada con el nivel de interceptación de luz, transpiración y fotosíntesis neta en la copa, variando con respecto a las condiciones ambientales, en las cuales se desarrolla un rodal, tomando en cuenta la edad y época del año (Amponsah *et al.*, 2005; Smethurst *et al.*, 2003; Simioni *et al.*, 2004; Jerez *et al.*, 2005).

Tabla 2.- Comparación de los promedios de altura, cobertura aérea y tallo

Especies en estudio	Altura cm	Cobertura aérea cm ²	Cobertura de tallo cm ²
Palo v. c.	37.11±10.8934 b	3595.6±2009.8 a	2.5910±1.28610 b
Palo v. a.	90.6 ±31.8615 a	3111.9±2150.8 a	1.3462±0.87666 b
Palo blanco	97.3±19.8609 a	2384.5±2633.8 b	12.0480±5.92797a
Tepehuaje	112.2 ±50.2589 a	4394.1±3654.1 a	2.4017±2.01900 b
Palo fierro	40.8 ±8.8919 b	1624.0±1076.9 b	0.5592±0.25760 b
Mezquite	45.5 ±14.8343 b	5626.1±2793.8 a	1.1215±0.32621 b
Palo v. h. ATZ	112.7±31.0557 a	10068.3±12742.8 a	3.0356±2.44005 b
Ceiba tesota	97.4±4.2479 a	390.3±75.3 b	2.2808±0.34153 b

Medias con letras iguales indican que no hay diferencias significativas ($P < 0.05$). Los datos presentados son la media de las 10 plantas por especie.

Estudios agroforestales, han mostrado que una gran proporción del N fijado puede ser transferido a las plantas no leguminosas asociadas (Crews y Peoples, 2005); “sin embargo, los procesos que explican dichas interacciones entre especies arbóreas

cuando éstas se encuentran asociadas, no han sido dilucidados del todo” (Moyer–Henry *et al.*, 2006). Las plantaciones mixtas tienen el potencial de incrementar la producción de biomasa y el secuestro de carbono (Resh *et al.*, 2002; Binkley *et al.*, 2003; Bauhus *et al.*, 2004); así como otros beneficios, entre ellos la mejora de la fertilidad del suelo y el ciclaje de nutrientes (Binkley *et al.*, 2000); ésto ocurre a menudo, cuando hay una repartición de los recursos, ya sea superficial (luz) o subterráneo (agua o nutrimentos) (Casanova *et al.*, 2007).

A las especies utilizadas en este estudio podríamos atribuirles “que requieren poca agua para satisfacer sus necesidades. Pero, aún así, es de suma importancia la disponibilidad de agua para el establecimiento y crecimiento de las especies, ya que están en su estado silvestre, son de lento crecimiento; aunado al pastoreo de animales silvestres o domésticos, baja precipitación, prácticas de podas inmoderadas e incendios forestales; lo que propicia un estrés en las plantas, dañándolas, pudiendo llegar en un momento dado a que mueran” (Mc Caughey-Espinoza *et al.*, 2017).

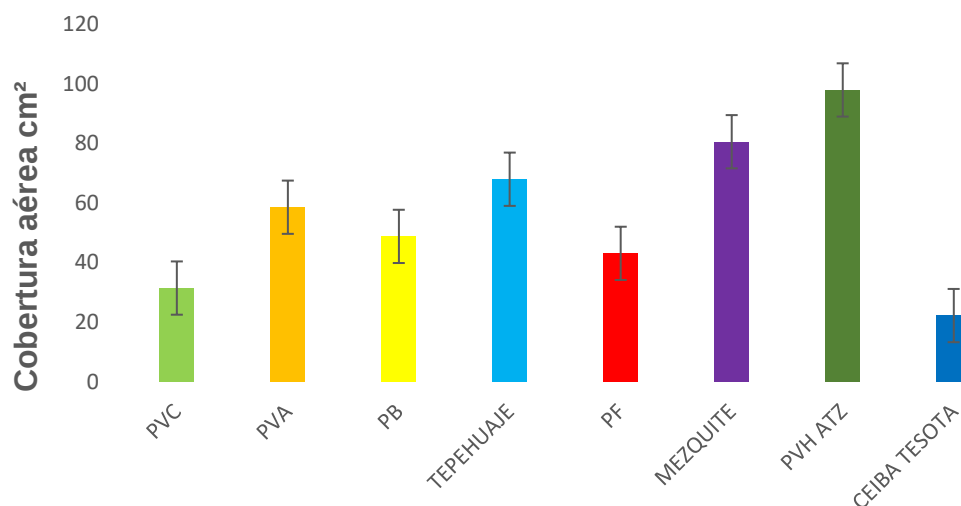


Figura 3.- Promedio de la cobertura aérea cm² de cada una de las especies en estudio

Cobertura de tallo

El sostenimiento de las plantas está en equilibrio por el desarrollo de sus raíces, esto permite contar con árboles con características deseadas de buena talla (altura), cobertura aérea (copa) y por supuesto tener un tallo estable que pueda ser capaz de mantener el peso, sostenerse ante vientos y lluvias fuertes. El desarrollo de la cobertura aérea de estas especies en estudio, se puede observar en la tabla 2 y figura 4.

El palo blanco presentó diferencias significativas con el resto de las especies en estudio, mostrando una cobertura de tallo de 12.0480 cm², seguido de palo verde híbrido ATZ 3.0356 cm², palo verde chino 2.5910 cm², tepehuaje 2.4017 cm², tésota 2.2808 cm² y por

último se encuentra el palo verde azul 1.3462 cm^2 , mezquite 1.1215 cm^2 y palo fierro 0.05595 cm^2 . Dada las características propias de cada especie referente a presentar tallos fibrosos o succulentos, existe claramente una diferencia significativa del palo blanco con respecto al resto de las especies, siendo el palo blanco una especie de árbol con tallo más succulento, genera más absorción de humedad y a su vez el tallo tiende a engrosar.

Generalmente los suelos agrícolas presentan macros y micronutrientes que fueron acumulándose con los años, así como materia orgánica; estos componentes serán idóneos para el establecimiento y desarrollo de las plantas.

En el presente estudio se observaron buenos resultados en el desarrollo de las especies evaluadas, a pesar que estaban a una distancia entre ellas de 30 cm; por lo que los resultados de las variables evaluadas son muy prometedoras para incluir estas especies en programas de reforestación.

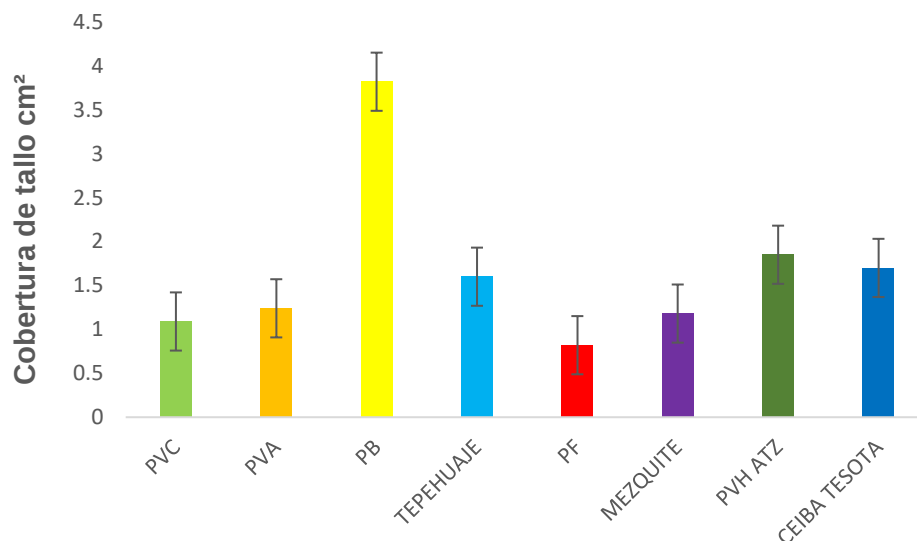


Figura 4.- Promedio de la cobertura de tallo cm^2 de cada una de las especies en estudio

Para contribuir con la regeneración de los campos abandonados, es necesario emplear especies nativas, con bajos porcentajes de mortalidad y resistentes a periodos secos y calurosos; Aunado con la viabilidad, que incrementen la fertilidad del suelo, aumentando eficazmente la cobertura vegetal y controlando la erosión; al mismo tiempo que aceleren la sucesión (Padilla *et al.*, 2004). El uso de especies nativas en los programas de reforestación, es importante para la recuperación de suelos agrícolas abandonados; sobre todo en zonas áridas, donde las condiciones son desfavorables (Miranda *et al.*, 2004). En diversos países europeos y americanos la restauración hidrológico forestal está muy extendida, se han desarrollado el servicio hidrológico que prestan a los ecosistemas

(Brauman *et al.*, 2007; Monterroso-Rivas *et al.*, 2009; Benavides-Solorio *et al.*, 2008), destacándose la importancia económica (López-Paniagua *et al.*, 2007); así como el significado que tiene en el mantenimiento de estos servicios, tanto para la conservación (Manson, 2004), como la restauración de ecosistemas.

La Comisión de las Comunidades Europeas (2002), señala que la erosión y la fertilidad del suelo representan una amenaza de primer orden para el desarrollo sostenible, reducen la viabilidad de las tierras agrícolas y plantea que las actividades agrícolas y forestales tienen una gran incidencia en la materia orgánica del suelo (CCE, 2002). Por lo que también es indiscutible la importancia económica del recurso del suelo, a través de la revisión de algunos estudios de la valoración económica del suelo y de ecosistemas (Silva y Correa, 2009).

Por la escasa información que existe en la remediación o recuperación de suelos agrícolas abandonados por diferentes factores (precipitación, salinidad, entre otros), con el uso de especies nativas; por lo cual es importante seguir generando más investigación sobre las especies que se encuentran en estos ecosistemas, los cuales pueden ser viables para remediación de áreas degradadas. La correlación que existe entre la altura, cobertura aérea y tallo, son de importancia ecológica; el tallo es la base firme de las plantas, éste asegura una mejor biomasa radicular; por lo tanto, se tendrá una mejor cobertura aérea que proporcione más CO₂ y materia orgánica; por último, las plantas presentarán un desarrollo positivo.

CONCLUSIONES

Se concluye que las especies arbóreas, como: palo verde chino., palo verde azul., tepehuaje, palo fierro, mezquite, palo v. h ATZ, palo blanco y ceiba; presentaron una buena adaptación y desarrollo de acuerdo a la respuesta de altura, cobertura aérea y la cobertura del tallo. Es posible que estas especies a los 6 meses de su establecimiento en áreas agrícolas abandonadas puedan rehabilitar áreas en corto plazo. La cobertura aérea de las plantas fue positiva al presentar doseles con áreas de más de 1 metro cuadrado. Es de suma importancia realizar más investigación utilizando otras especies que presenten igual o mayor potencial que las especies aquí utilizadas.

LITERATURA CITADA

AMPONSAH I, Comeau P, Brockley R, Lieffers V. 2005. Effects of repeated fertilization on needle longevity, foliar nutrition, effective leaf area index, and growth characteristics of lodgepole pine in interior British Columbia, Canada. *Can. J. For. Res.* 35: 440-451. DOI: 10.1093/treephys/24.10.1099

ARCGIS. 2014. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS. USDA, USCS, AeroGRID, IGN, and the Gis User Community. Software 10.1

BAUHUS JV, Winden AP, Nicotra AB. 2004. Above-ground interactions and productivity in mixed-species plantations of *Acacia mearnsii* and *Eucalyptus globulus*. *Can. J. Forest. Res.* 34:686–694. <https://doi.org/10.1139/x03-243>

BENAVIDES-SOLORIO J, González-Guillén M, López-Paniagua C, Valdez-Lazalde R. 2008. Oferta hídrica de la cuenca forestal Tapalpa, Jalisco, orientada hacia los servicios ambientales. *Madera y Bosques*. 14(2):5-28. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712008000200002&lng=es&nrm=iso. ISSN 2448-7597

BINKLEY D, Giardina C, Bashkin MA. 2000. Soil phosphorous pools and supply under the influence of *Eucalyptus saligna* and nitrogen-fixing *Albizia facaltaria*. *Forest. Ecology and Management*. 128:241–247. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00138-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00138-3)

BINKLEY D, Senock R, Bird S, Cole T. G. 2003. Twenty years of stand development in pure and mixed stands of *Eucalyptus saligna* and N-fixing *Facaltaria moluccana*. *Forest Ecol. Managem.* 182:93–102 [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00028-8)

BRAUMAN KA, Daily GC, Duarte TK, Mooney HA. 2007. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environmental Resources*. 32:67-98. doi: 10.1146/annurev.energy.32.031306.102758

CADOTTE MW, Carscadden K, Mirotchnick N. 2011. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology* 48(5):1079-1087. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02048.x>

CASANOVA LF, Ramírez AL, Solorio SFJ. 2007. Interacciones radicales en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 11(3): 41-52. ISSN: 0188-789

CCE. Comisión de las Comunidades Europeas. 2002. Hacia una estrategia temática para la protección del suelo. (En línea) Comunicación de la comisión al consejo, el Parlamento Europeo, el comité económico y social y el comité de las regiones. Brúcelas. Disponible en <http://www.oei.es/salactsi/ue.htm>. (Fecha de consulta septiembre 2008).

CREWS TE, Peoples MB. 2005. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 72:101–120. DOI: 10.1007/s10705-004-6480-1

EHRENFELD JG. 2000. Defining the limits of restoration: the need for realistic goals. *Restoration Ecology* 8(1):2-9 <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80002.x>

GALLEGO BURBANO E, Morales Velasco V, Vivas Quila N. 2012. Propuesta para el uso de Especies Arbóreas y Arbustivas Forrajeras en Sistemas Ganaderos en el Valle del Patía. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 10(2):207 – 216. ISSN 1692-3561

HOBBS RJ, Norton DA. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*. 4(2):93-110. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.1996.tb00112.x>

JEREZ M, Dean T, Cao Q, Roberts S. 2005. Describing leaf area distribution in Loblolly Pine trees with Johnson's SB function. *Forest Science*. 51(2): 93-101. <https://doi.org/10.1093/forestscience/51.2.93>

JMP. 2002. The Statistical Discovery Software. SAS institute Inc.Ver. 5.0.1

KREMEN C, Ostfeld RS. 2005. A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 3(10):540-548. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2005\)003\[0540:ACTEMA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2005)003[0540:ACTEMA]2.0.CO;2)

LÓPEZ-PANIAGUA C, González-Guillén M, Valdez-Lazalde JR, De los Santos-Posadas HM. 2007. Demanda, disponibilidad de pago y costo de oportunidad hídrica en la cuenca Tapalpa, Jalisco. *Madera y Bosques*. 13(1):3-23. ISSN: 1405-0471

MANSON RH. 2004. Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México. *Madera y Bosques*. 10(1):3-20. ISSN 2448-7597 <https://doi.org/10.21829/myb.2004.1011276>

MC CAUGHEY-ESPINOZA DM, Ayala Astorga GI, Velázquez-Caudillo J, Anaya-Islas J, Canseco-Vilchis E. 2017. Creación de un jardín botánico y de árbol madre de arbustivas forrajeras nativas del estado de Sonora. *Rev. Idesia (Arica)*. 35(4):35-45. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017000400035>

MC CAUGHEY-ESPINOZA DM, Ayala-Astorga GI, Burboa Zazueta MG, Ochoa Meza A, Retes López R. 2019. Uso de plantas nativas para la rehabilitación de canteras en Sonora. *Rev. Idesia (Arica)*. Volumen 26 (4) <https://dx.doi.org/10.4067/so718-34292018005002401>

MIRANDA J, Padilla F, Pugnaire F. 2004. Sucesión y restauración en ambientes semiáridos. *Ecosistemas: Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*. 13 (1): 55-58. ISSN 1697-2473

MONGIL J, Navarro J, Díaz V. 2015. Esquema ecológico aplicado a una restauración forestal en cárcavas de la Sierra de Ávila (centro de España). *Madera y bosques*, 21(1): 11-19. ISSN 2448-7597.

MONTERROSO-RIVAS AI, Gómez-Díaz JD, Tinoco-Rueda JA. 2009. Servicios ambientales hidrológicos bajo escenarios de cambio climático en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo. *Madera y Bosques*. 15(2):5-26. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712009000200001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2448-7597.

MOYER–HENRY KA, Burton JW, Israel DW, Rufty TW. 2006. Nitrogen transfer between plants: A¹⁵N natural abundance study with crop and weed species. *Plant. Soil.* 282:7–20. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-3081-y>

PADILLA RUIZ F, Pugnaire de Idaola F, Marín R, Hervás Muñoz M, Ortega Oller R. 2004. EL uso de Especies Arbustivas para la Restauración de la Cubierta Vegetal en Ambientes Semiáridos. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 17: 103-10. ISSN: 1575-2410

RESH SC, Binkley D, Parrotta JA. 2002. Greater soil carbon sequestration under nitrogen–fixing trees compared with *Eucalyptus* species. *Ecosystems.* 5:217–231. DOI: 10.1007/s10021-001-0067-3

SAGARHPA. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura. 2016. Programa de mediano plazo 2016-2018. http://sagarhpa.sonora.gob.mx/portal_sagarhpa/images/archivos/PMP/PMPAGRICOLA20162021.pdf

SILVA ARROYAVE SM, Correa Restrepo FJ. 2009. Análisis de la Contaminación del Suelo: Revisión de la Normativa y Posibilidades de Regulación Económica. *Semestre Económico.* 12(23):13-34. ISSN 0120-6346

SIMIONI G, Gignoux J, Le Roux X, Appé R, Benest D. 2004. Spatial and temporal variations in leaf area index, specific leaf area and leaf nitrogen of two co-occurring savanna tree species. *Tree Physiology* 24: 205-216. <https://doi.org/10.1093/treephys/24.2.205>