

SUPERVIVENCIA DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS FORRAJERAS BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTACIÓN, EN CLIMA TEMPLADO SUBHÚMEDO

[SURVIVAL OF LEGUMINOUS FORAGE TREES UNDER DIFFERENT PLANTING DENSITIES, IN TEMPERATE SUBHUMED CLIMATE]

Alek Fernando Pérez-Olivera¹, Benjamín Gómez-Ramos¹, Vicente Salinas-Melgoza¹, José Luis Navarrete Pérez-Negrón¹, María Guadalupe Josefina Nuncio-Ochoa^{1§}, Juana Marcela García-Guzmán¹

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Morelia. Departamento de Ciencias Agropecuarias, Morelia, Michoacán, México.

[§]Autor para correspondencia: (maria.no@vmorelia.tecnm.mx).

RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles, representan una alternativa de producción ganadera sustentable desde la perspectiva social, ecológica y económica. En la educación superior tecnológica agropecuaria, es de gran importancia la formación de profesionistas que aspiren a involucrarse con alternativas de producción sustentables en la gran diversidad agroecológica de México. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la supervivencia en las especies: pata de vaca (*Bauhinia* sp.), albizia (*Albizia* sp.), leucaena (*Leucaena* sp.) y palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), en un sistema silvopastoril en clima templado subhúmedo. Se contabilizó de manera visual y manual, identificando la especie y su condición vivo (1) o muerto (0). Los datos fueron analizados con un diseño completamente al azar. Se observaron diferencias de supervivencia de las especies destacando el palo dulce (*E. polystachya*) por ser el de mayor supervivencia de las cuatro especies evaluadas. La densidad de plantación no influyó en la supervivencia de los árboles, mientras que la orientación de la plantación sí influyó. Se concluye que la tasa de supervivencia para especies de leguminosas arbóreas forrajeras, determinan su capacidad para establecer sistemas silvopastoriles en arreglos de bancos de proteína mixtos, en clima templado subhúmedo y la *E. polystachya* fue la especie de árbol leguminoso forrajero más adaptado a las condiciones del estudio y sin diferencias en las densidades de siembra.

Palabras clave: Adaptación, leñosas forrajeras, sistemas silvopastoriles.

ABSTRACT

Silvopastoral systems represent an alternative for sustainable livestock production from a social, ecological and economic perspective. In agricultural technological higher education, the training of professionals who aspire to get involved with sustainable production alternatives in the great agroecological diversity of Mexico is of great importance. The objective of this study was to evaluate survival in the species: cow leg (*Bauhinia* sp.), albizia (*Albizia* sp.), leucaena (*Leucaena* sp.) and sweet stick (*Eysenhardtia polystachya*), in a silvopastoral system in a temperate climate. subhumid It was counted visually and manually, identifying the species and its condition alive (1) or dead (0). The data was analyzed with a completely randomized design. Differences in survival of the species were observed, highlighting the sweet stick (*E. polystachya*) for being the one with the highest survival of the four species evaluated. Planting density did not influence tree survival, while planting orientation did. It is concluded that the survival rate for forage tree legume species determines their ability to establish silvopastoral systems in mixed protein bank arrangements, in subhumid temperate climate and *E. polystachya* was the forage tree legume species most adapted to the conditions of the environment study and without differences in planting densities.

Index words: Adaptation, forage woody, silvopastoral systems.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), se encuentra en auge creciente en áreas tropicales y templadas del mundo como una opción que contribuye eficazmente a la sostenibilidad del entorno y para mitigar los efectos negativos de la desertificación y la sequía, así como para diversificar la ganadería (Carvalho *et al.*, 2003; Buurman *et al.*, 2004; Murgueitio *et al.*, 2012). Estos SSPi actualmente se han considerado como una herramienta de mitigación al gran problema ambiental que representa el cambio climático, eso será posible a medida que dichos sistemas logren expandirse en la diversidad agroecológica de la producción agropecuaria (Murgueitio *et al.*, 2012). Razones por las que se debe incrementar el estudio de las especies de leguminosas arbustivas forrajeras para ser introducidas a los SSPi en diferentes zonas climáticas.

Por lo anterior, es relevante el estudio de las características de importancia que deben presentar los árboles al ser evaluados para introducirlos a los sistemas silvopastoriles y estas características de acuerdo a Ferbes y Ruiz (2008) son: la supervivencia, el crecimiento, el ataque de plagas y la aceptación de los animales como medidas relevantes; ya que a partir de estos criterios es posible inferir la resistencia de estas plantas al estrés ambiental y la facilidad de adaptarse a la presión ambiental, estas mediciones requieren ser valoradas en su dimensión espacio-temporal. Lo que indica que no se deben de asumir valoraciones instantáneas y únicas. Por otra parte, una de las alternativas al problema de la alimentación de ganado menor, es el uso de especies forrajeras las cuales han demostrado tener buena calidad y poseen características sobresalientes para la alimentación, entre estas propiedades se tiene su valor nutricional, alta digestibilidad y agradable sabor para los animales; algunas de estas especies son: leucaena (*Leucaena leucocephala*) y Marango (*Moringa oleífera*) entre otras. Por lo que, se hace necesario realizar estudios para determinar la producción de biomasa comestible, biomasa total, agentes biológicos (insectos) y sobrevivencia de las especies en diversas condiciones climáticas y edafológicas (Moreno, 2005; Castillo-Tec *et al.*, 2012).

Así mismo, en las plantaciones artificiales la sobrevivencia se determina por lo general durante el primer año de su establecimiento a fin de cuantificar la tasa de la misma cuando ha estado expuesta a daños por factores bióticos y abióticos (Tellez, 1998; López-De Buen *et al.*, 2019). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la supervivencia en las especies pata de vaca (*Bauhinia* sp.), albizia (*Albizia* sp.), leucaena (*Leucaena* sp.) y palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) en un sistema silvopastoril de clima templado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó de noviembre de 2018 a noviembre de 2019, dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, la localización geográfica es al Norte del estado de Michoacán, en las coordenadas 19° 48' de latitud norte y 101° 10' de longitud oeste, a una altura de 1,860 msnm, así como una dominancia de clima templado, presenta una temperatura que oscila entre los 12 y 18 °C. El área de trabajo se encuentra en la parte norte de la terraza 54 ubicadas dentro de la unidad de producción ovina y caprina, área total de 5,267.21 m² (0.53 ha). Cuenta con suelos someros de una profundidad en promedio de 30 cm., con una textura arcillosa y presencia de esmectitas, bajo de esta capa de suelo predomina el frágipan (tepetate) y las ignimbritas, estos suelos son pobres en materia orgánica debido al manejo excesivo del suelo. La vegetación residual de la zona, que corresponde a un clima templado está compuesta principalmente por algunas especies de acacias como el huisache, tépame y la uña de gato, con predominancia de pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y arvenses. La zona presenta un déficit hídrico lo cual delimita la producción de forrajes.

Establecimiento del cultivo

Se estableció un banco de proteína mixto conformado por árboles, de las especies leguminosas conocida como pata de vaca (*Bauhinia* sp.), albizia (*Albizia* sp.), leucaena (*Leucaena* sp.) y palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), a través de la plantación directa a una profundidad de 25 cm. Para ello, se emplearon tres marcos reales de plantación, en donde se consideró una distancia de 70 x 70 cm entre árbol y árbol, en el segundo 90 x 90 cm y en el tercero de 110 x 110 cm., (con 2,0408, 1,2346 y 8,264 plantas/ha, respectivamente), en dos diferentes orientaciones; una de este a oeste de 358 m² y la otra de norte a sur de 554 m². Con un total de 1,239 árboles plantados, los cuales tenían una edad aproximada de un año al momento de ser plantados.

Evaluación de supervivencia

Se evaluó la supervivencia de las especies leñosas forrajeras en dos tiempos diferentes; la primera evaluación se realizó en el mes de abril en la orientación Este-Oeste. La segunda evaluación se realizó en el mes de Julio en las orientaciones Este-Oeste y Norte Sur. Se contabilizó de manera visual y manual, identificando la especie y su supervivencia de la misma, anotando por tratamiento e hilera, especie de árbol, y su condición vivo o muerto (ambas medidas con respuesta 1 y 0).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con desigual número de repeticiones) en el programa (SAS/STAT, 2012). Solo se tomaron en cuenta los efectos principales ya que las interacciones no fueron significativas ($p > 0.05$). Por otro lado, se consideró una distribución binomial vivos y muertos bajo el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ijk} = \mu + t_i + ort_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = una observación de la variable respuesta

μ = media que representa a la población

T_i = Efecto fijo del i-esimo tratamiento $i = 1, 2, 3$

Ort_j = Efecto fijo del j-esima orientación $j = 1, 2$

ε_{ijk} = Error aleatorio asociado a cada observación $\varepsilon_{ijk} \sim (0, \delta^2)$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los análisis de supervivencia de cuatro especies de leguminosas arbóreas se destaca el palo o vara dulce (*E. polystachya*) como la especie con mayor supervivencia, la de menor fue la pata de cabra (*Bauhinia* sp.) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados para la sobrevivencia de especies de arbóreas forrajeras (%).

Especie	$\bar{x} \pm EE$
<i>Bauhinia</i> Sp.	54 $\pm$ 2a
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	94 $\pm$ 9b
<i>Leucaena</i>	68 $\pm$ 3c
<i>Albizia</i>	66 $\pm$ 4c

a, b, c Literales son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$).

Así mismo, la *Leucaena* (*Leucaena* sp.) y la *Albizia* (*Albizia* sp.) se comportaron de manera similar. Esta última, la *Albizia* se encuentra reportada con una supervivencia de 87.7% a una edad de tres años (CONABIO, 2018), lo que significa un 14% mayor a la sobrevivencia observada en este trabajo. De acuerdo con Téllez (1998) la tasa de sobrevivencia para una especie determina el éxito de su establecimiento como una planta exótica de condiciones edafoclimáticas extremas, contribuyendo esto directamente a la conservación y recuperación de los suelos en áreas deforestadas, ya sea en zonas desérticas o húmedas.

Por otra parte, Centeno (1994), emplea cuatro parámetros para evaluar la supervivencia en árboles: Muy bueno (80–100%); Bueno (70–80%), Regular (40–70%) y Mala (menos del 40%). De acuerdo a lo anterior, de las especies estudiadas la *Bauhinia* sp., *Leucaena* y *Albizia* se califican como regular y *E. polystachya* se califica con muy buena supervivencia, posiblemente favorecida por ser una especie nativa de la zona de estudio. Lo que coincide con la investigación realizada por López de Buen *et al.* (2019), quienes demostraron la supervivencia de cinco especies de árboles nativos a lo largo de su crecimiento y que, a pesar del impacto por el ramoneo de los rumiantes a los 11 años de su siembra, la supervivencia fue casi del 60%, mejor que los árboles introducidos.

Estas leguminosas arbóreas fueron plantadas en arreglo de banco de proteína, bajo tres diferentes densidades de plantación entre árboles) y no mostraron diferencia en supervivencia con respecto al marco de plantación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados para evaluar la supervivencia de arbóreas forrajeras de acuerdo a la densidad de siembra (%).

Densidad (cm)	$\bar{x} \pm EE$
70 x 70	70 ± 3^{ns}
90 x 90	67 ± 3^{ns}
110 x 110	73 ± 3^{ns}

No se observaron diferencias $P > 0.05$ ns.

Sin embargo, en un estudio desarrollado en Cuba por Febres (2008), mostró la diferencia en cuanto al comportamiento de la supervivencia de cuatro variedades de *Albizia* durante un muestreo de cuatro años, en donde destacó las variedades de *Albizia lebbekoides* y *A. Lucida* con un 100% de supervivencia bajo condiciones de estrés de campo, mientras que las variedades *A. amara* y *A. caribean* mostraron el 87 y 91% de supervivencia en el primer año y declinaron a 37 y 43% a los cuatro años. En comparación con el comportamiento de la *Albizia* en el presente estudio, entre el muestreo de cinco y ocho meses de ser plantadas, la *Albizia* logró una supervivencia alrededor del 73%.

Mientras que en el mismo estudio Febres (2008), reportó la supervivencia de la *L. leucocephala* con 86% y el promedio de dos especies diferentes de *Bahuinias* con 93 % de supervivencia observada a los seis meses de edad, datos que superan entre 18–39 % a lo reportado en este estudio. Mientras que para Moreno (2005), la supervivencia de la *Leucaena* fue sobresaliente tanto a los cinco meses como al año de establecida permaneció con el 100% de supervivencia. Esto coinciden con Navas *et al.* (2000), quienes encontraron una mayor supervivencia en densidades de 125000 plantas/ha, sin que existiera grandes diferencias con los tratamientos de menor densidad (4,0000, 2,0000 y 1,0000 plantas/ha). Al igual que el estudio de Castillo-Tec *et al.* (2012), quienes no obtuvieron efectos estadísticos en supervivencia, ni altura de los árboles de *Moringa oleífera*, pero si en el rendimiento de materia seca total y comestible en densidades de 1,0000, 2,0000 y 4,0000 plantas/ha.

Por otra parte, para las dos orientaciones de plantación, la de Este-Oeste fue la que más favoreció a la supervivencia de los árboles, mostrándose un 8% mayor que en el arreglo Norte-Sur. Lo que coincide con

Geilfus (1989) y Ayala-Bermúdez (2012), quienes recomiendan la orientación Este-Oeste como la mejor para que llegue un máximo de luz a los cultivos asociados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias de mínimos cuadrados para la orientación sobre la sobrevivencia (%).

Orientación	$\bar{x} \pm EE$
Este - Oeste	74 ± 3^a
Norte - Sur	66 ± 3^b

^{a, b} Literales son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

CONCLUSIONES

La tasa de supervivencia para especies de leguminosas arbóreas forrajeras, determinan su capacidad para establecer sistemas silvopastoriles en arreglos de bancos de proteína mixtos, en clima templado subhúmedo y la *E. polystachya* fue la especie de árbol leguminoso forrajero más adaptado a las condiciones del estudio y sin diferencias en las densidades de siembra.

LITERATURA CITADA

- Ayala-Bermúdez, W. 2012. Establecimiento de un banco de proteínas mediante la asociación de gramíneas y leguminosas (*Leucaena leucophela*, glicinia, y hierba de guinea) para la ceba del ganado bovino (Mestizo Cebú) en la UBPC. Resumen extendido de Trabajo de grado, Universidad de Holguín. (Consultado el 18 de marzo de 2022). Disponible en: <https://repositorio.uho.edu.cu/jspui/handle/uho/5857>.
- Buurman, P., M. Ibrahim y M. Amezquita. 2004. Mitigation of greenhouse gas emission by tropical silvopastoral systems: optimism and facts. 2nd. International Symposium on silvopastoral systems [en línea]. 1(62), 9–11. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/40126022>
- Mitigation of Greenhouse Gas Emissions by Tropical Silvopastoral Systems Optimism and Facts.
- Carvalho, M. y D. Xavier. 2003. Embrapa gado de leite. Circular Técnica, 64. Juiz de fora: Embrapa.
- Castillo-Tec, L.A., J.B. Castillo-Caamal, L. Ramírez-Avilés y A. Cervera-Buenfil. 2012. Evaluación de tres densidades de siembra sobre la producción de biomasa de *Moringa oleifera* LAM., en MAPSA, Mérida, Yucatán. Fundación Produce Michoacán, A. C. Morelia Michoacán.
- Centeno-Solórzano, M. 1994. Inventario nacional de plantaciones forestales. Trabajo de grado. Universidad Nacional Agraria Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Estudio de la Biodiversidad (CONABIO). 2017. Evaluación rápida de invasividad de *Albizia lebbbeck* [en línea]. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Disponible en: https://enciclovida.mx/pdfs/exoticas_invasoras/Albizia%20lebbbeck.pdf.
- Febles, G. y T.E. Ruiz. 2008. Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles. Avances en investigación agropecuaria. 12(001), 1–25. http://bvirtual.ucol.mx/descargables/433_evaluacion_de_especies_arboreas.pdf.
- Geilfus, F. 1989. El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. 2a ed. Turrialba, C. R.: ENDA-CARIBE.
- López-De-Buen, L., E. Aquino-Rodríguez, Y. Maciel-Pérez, C. Ahuja-Aguirre y C. Castillo-Tlapa. 2019. Supervivencia de árboles nativos tropicales en un módulo silvopastoril en Veracruz, México. *Revista Agrociencia*. 53(7).
- Moreno-López, J.C. 2005. Evaluación de la producción de forraje de *Moringa oleifera* (lam), *Cnidioscolus aconitifolium* (Mill) L.M. johnst y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit, para banco proteico en pacora, San Francisco Libre, Managua. Trabajo de grado, Universidad Nacional Agraria Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=NI2006004990>.

- Murgueitio, R.E., O.J. Chara, R.R. Barahona, C.C. Cuartas y R.J. Naranjo. 2014. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* [en línea]. 17(3), 501–517. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93935728001.pdf>.
- Navas, A., H. Patiño, J.E. Vargas y E. Estrada. 2000. Producción de *Gliricidia sepium* (mataratón) en bancos de alta densidad. (en línea). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. [Consultado el 18 de marzo de 2022]. https://www.researchgate.net/publication/280978588_Produccion_de_Gliricidia_sepium_Matarraton_en_bancos_de_alta_densidad.
- SAS/STAT (Nº de versión 9.4). 2012. Windows. Cary, USA.: Statistical Analysis System (SAS) Institute in Company.
- Téllez-Obregón, I.C. 1998. Comportamiento de sobrevivencia, crecimiento y producción de biomasa seca de treinta especies forestales, bajo condiciones de la zona seca de Azul, La Leona, León. Trabajo de grado. Universidad Nacional Agraria.