

Aptitud de terreno y rendimiento de la biomasa en plantaciones comerciales de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*)

Soil suitability and biomass yield in commercial candelilla plantations (*Euphorbia antisiphilitica*)

Antonio Cano-Pineda¹, Adrián Hernández-Ramos¹, Julio C. Ríos Saucedo^{*2}, Xavier García-Cuevas³, y E. Edith Villavicencio Gutiérrez¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo.

² INIFAP Campo Experimental Valle de Guadiana.

³ INIFAP-Campo Experimental Chetumal.

*Autor para correspondencia: j_riosaucedo@hotmail.com

RESUMEN

La candelilla es un recurso forestal no maderable la cual es aprovechada principalmente en el norte de México, su aprovechamiento principal esta dado por la utilización de su cera la cual tiene un gran número de aplicaciones cosméticas industriales y alimentarias; México es el único país exportador de este recurso, lo cual significa se refleja en un gran sobre aprovechamiento de esta especie. Para mitigar los efectos negativos o presión sobre las poblaciones naturales es importante considerar la implementación de cultivos forestales para lo cual, una herramienta importante es la aplicación de un análisis de aptitud del suelo para plantaciones comerciales. En el presente estudio fueron evaluados la biomasa total verde que fue producida en poblaciones naturales (526.25 y 401.59 kg/Ha), así como en plantaciones comerciales en terrenos aptos (3146.65 kg/Ha) y en terrenos no aptos (844.95 kg/Ha) y la cantidad de individuos en poblaciones naturales (662 y 328 plantas/Ha), así como en plantaciones comerciales en terrenos aptos (3000 plantas/Ha) y en terrenos no aptos (1336 plantas/Ha); se determinó que hubo una diferencia positiva de las plantaciones comerciales con respecto a las poblaciones naturales en biomasa verde producida 62.4% y una diferencia positiva del 55.4% en la cantidad de individuos presentes en plantaciones comerciales con respecto a naturales.

Palabras clave: Aptitud, Semi Árido, Rendimiento.

ABSTRACT

The candelilla is a non-timber forest resource which is exploited mainly in the north of Mexico, its main use is given by the use of its wax which has a large number of industrial and food cosmetic applications; Mexico is the only exporting country of this resource, which means it is reflected in a great overuse of this species. To mitigate the negative effects or pressure on natural populations, it is important to consider the implementation of forest crops, for which an important tool is the application of a soil suitability analysis for commercial plantations. In the present study, the total green biomass that was produced in natural populations was evaluated. (526.25 and 401.59 kg/Ha), as well as in commercial plantations on suitable land (3146.65 kg/Ha) and on unsuitable land (844.95 kg/Ha) and the number of individuals in natural populations (662 and 328 plants/Ha), as well as in commercial plantations on suitable land (3000 plants/Ha) and on unsuitable land (1336 plants/Ha); it was determined that there was a positive difference of commercial plantations with respect to natural populations in green biomass produced 62.4% and a positive difference of 55.4% in the number of individuals present in commercial plantations with respect to natural ones.

Keywords: Aptitude, Semi-arid, Yield.

INTRODUCCIÓN

La candelilla es un recurso no maderable el cual tiene la ventaja de desarrollarse en ecosistemas áridos y semiáridos de México. Es posible realizar su cultivo principalmente para la obtención de su cera, cuyo uso está aprobada por la FDA (CAS Reg. No. 8006-44-8) y esta tiene un gran valor en la industria alimentaria y cosmética, e industrial, utilizándose principalmente en recubrimientos de frutas y hortalizas, adhesivos, selladores y abrillantadores (De Leán-Zapata & Aguilar, 2018).

El uso de la cera está extendido principalmente en Estados Unidos de América, Europa y Japón; al ser un producto con diversas aplicaciones, su obtención se ha convertido en una de las actividades de mayor relevancia en el norte del México, tanto para productores, como diversas industrias. Es necesario un manejo sostenible de las poblaciones, para lo cual se requiere de una planificación integrada, en la que la gestión sustentable debe tener en cuenta los factores de producción y conservación según las condiciones ambientales y socioeconómicas de cada región para poder tener en cuenta métodos de manejo y opciones que aseguren la conservación de la candelilla mientras se beneficia al sector social (Villavicencio-Gutiérrez *et al.*, 2021).

Aproximadamente, el 90% de la cera de candelilla producida en el país es exportada a nivel mundial, siendo México el único país productor de la misma de toda la cera de candelilla a nivel mundial, siendo los principales productores de la misma Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo y Zacatecas (Vargas-Piedra *et al.*, 2020). Al ser un recurso tan importante, este tiende a ser sobre aprovechado, poniendo en peligro la presencia de la especie, por lo cual es de gran importancia considerar la reforestación de la misma mediante plantaciones controladas (González López *et al.*, 2022).

Las plantaciones forestales toman cada vez más relevancia para el beneficio del ecosistema y la comunidad de la zona, en la utilización de recursos maderables y no maderables para la obtención de materias primas como fibras, maderas y cera; el desgaste de estos recursos trae consigo una serie de desventajas como la erosión del suelo el sobre

aprovechamiento de especies, problemas que pueden ser mitigados mediante la implementación de estas plantaciones, ya que entre sus beneficios, destacan principalmente la disminución en la erosión de los suelos, la creación de fuentes de empleo en el área, el aumento del valor agregado a los subproductos obtenidos así como la recuperación del entorno ambiental (Hernández-Zaragoza *et al.*, 2019).

Para favorecer tanto la conservación como la producción de la candelilla, se deben identificar las áreas que son más aptas desde el punto de vista agroclimático para que una plantación se desarrolle adecuadamente, ya que existe correlación entre las condiciones del clima y el suelo con la biomasa producida por un cultivo (Huerta-Zavala *et al.*, 2019). En la plantación comercial, es de gran importancia la realización de un estudio en la aptitud del terreno, ya que una mala selección del área, puede traer efectos negativos en cuestión ambiental, social y económico (Pérez Miranda *et al.*, 2021). El objetivo de este proyecto fue evaluar la aptitud del suelo y la relación del mismo con la densidad y la biomasa producida en plantaciones comerciales y poblaciones naturales de candelilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

La toma de muestras se realizó en los meses de junio y julio de 2019 tomando como punto de muestreo la región semiárida de Coahuila la cual se encuentra al sur de dicho estado, esta región forma parte del desierto chihuahuense, la zona estudiada, tiene una variación de altura sobre el nivel del mar que va desde los 1000 m, hasta los 2200 m. el clima predominante en el área, es seco, semicálido (BWhw), con bajas precipitaciones durante todo el año siendo el invierno la estación con un mayor porcentaje de precipitación con un 18% (Gonzalez-Medrano, 2012).

Las mejores plantaciones forestales comerciales de candelilla (PFCc) fueron seleccionadas con base a la aptitud del terreno, que en este caso fue en el ejido "el Ojito" ya que en el área se cuenta con las condiciones óptimas de: precipitación anual (100 a 300 mm), temperatura (12 a 25 °C), suelos calcáreos, textura media, porosos no inundables y



someros (su profundidad no supero los 25 cm), pendientes entre 3 a 15% y altitudes entre los 800 y 1200 m (Cano & Hernández, 2018), para el área con plantaciones en terrenos sin aptitud, f se seleccionó el ejido “Hipólito” al sureste de Coahuila las cuales fueron evaluadas en el 2018; también fueron seleccionadas un par de áreas con poblaciones naturales de candelilla utilizadas como comparativo de biomasa y densidad, dichas áreas fueron muestreadas en el año 2019, y corresponden a zonas bajo aprovechamiento en los ejidos “Las Coloradas” y “Cruz de Maltos” en las PFCc se utilizó una toma de muestras sistemático aleatorizado con 63 unidades de muestreo (UM) georreferenciadas. Cada una de las UM fueron de forma circular con una superficie de 100 m², en cada área se contabilizó cada individuo de candelilla, así como el diámetro mayor (DM en cm), diámetro menor (Dm en cm), altura total (At en cm) de cada uno. Para cuantificar la biomasa de cada uno, se utilizaron ecuaciones establecidas para esta región (Hernández et al. 2018). Dicha ecuación utiliza el diámetro medio y la altura total de la planta de candelilla para estimar la biomasa verde. Para calcular el inventario en poblaciones naturales, se utilizó una distribución homogénea de la muestra utilizando un sistema aleatorizado (Hernandez *et al.*, 2017), las unidades de muestreo de 1000 m² (140) fueron georreferenciadas y en ellas se contabilizaron todos los individuos de candelilla, así como la medición del diámetro mayor (DM en cm), diámetro menor (Dm en cm), altura total (At en cm) de cada uno. La biomasa total de cada individuo se estimó utilizando las ecuaciones establecidas por Hernandez *et al.*, 2018. Los datos que se obtuvieron de cada muestreo para en inventario en ambas PFCc así como en las dos poblaciones naturales de candelilla, se utilizaron para calcular el volumen individual y por hectárea aplicándoles la ecuación ajustada para estimar la biomasa total verde en la región sur de Coahuila desarrollado por Hernandez *et al.*, 2018, (Formula 1).

Formula 1. Ecuación ajustada para el cálculo de la biomasa total verde de candelilla en la región sur de Coahuila.

$$Btv = 0.0011 \cdot MDC^{1.647354} \cdot At \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

Btv = Biomasa total verde

DMC = Diámetro Medio de la Cobertura

At = Altura Total

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1. Se muestran los valores estimados de biomasa verde de candelilla que fueron calculados mediante la utilización de la ecuación 1 con datos obtenidos en PFCc de plantaciones establecidas con una edad de 8 años aproximadamente, la aptitud y no aptitud del terreno fue un parámetro determinante en la obtención de resultados con poblaciones con alto y bajo aprovechamiento respectivamente.

Tabla 1. Biomasa total verde (Kg) que fue producida en poblaciones naturales y plantaciones comerciales de candelilla en suelos aptos y no aptos al sur del estado de Coahuila.

Localidad	Población	Aptitud de terreno	Tamaño de sitio (m2)	Biomasa Kg/Sitio	Biomasa Kg/Ha
Ejido el Ojito	Plantación	SI	100	31.467	3146.656
Ejido Hipólito	Plantación	NO	100	8.450	844.952
Ejido Las Coloradas	Natural	-----	1000	52.625	526.253
Ejido Cruz de Maltos	Natural	-----	1000	40.160	401.599

La presencia de individuos en los sitios observados, así como el cálculo por hectárea, fueron representados en la tabla 2. Las cuales fueron obtenidas por las PFCc anteriormente descritas, estas estuvieron condicionadas a la aptitud y no aptitud del terreno, siendo baja y alta presencia de individuos respectivamente en cada plantación.

Tabla 2. Densidad de plantas en poblaciones naturales y plantaciones comerciales de candelilla en suelos aptos y no aptos al sur del estado de Coahuila.

Locali-dad	Población	Aptitud de terreno	Tamaño de sitio (m2)	Plantas /Sitio	Planta s/Ha
Ejido el Ojito	Plantación	SI	100	30	3000
Ejido Hipólito	Plantación	NO	100	13	1336
Ejido Las Coloradas	Natural	-----	1000	66	662
Ejido Cruz de Maltos	Natural	-----	1000	33	328

En la Figura 1. Se puede observar que la biomasa total obtenida en la plantación comercial de candelilla en El Ojito, mostro una diferencia cercana al de 2620.4 kg ha⁻¹, es decir aproximadamente un 86 % con respecto a la biomasa obtenida en el ejido Las Coloradas, la cual corresponde a una población natural productiva. Utilizando el mismo tipo de análisis, se puede observar que en el ejido Hipólito el cual fue determinado como un terreno sin aptitud para plantaciones comerciales, registró una diferencia positiva de 124.7 kg/ Ha⁻¹ de biomasa verde comparada con la biomasa producida en el ejido Cruz de Maltos (población natural), lo cual representa tan solo un 23.6%. Esto implica que existe una diferencia de 62.4% más de biomasa producida en plantaciones con terrenos que tienen aptitud que en aquellas que no tienen aptitud de terreno.

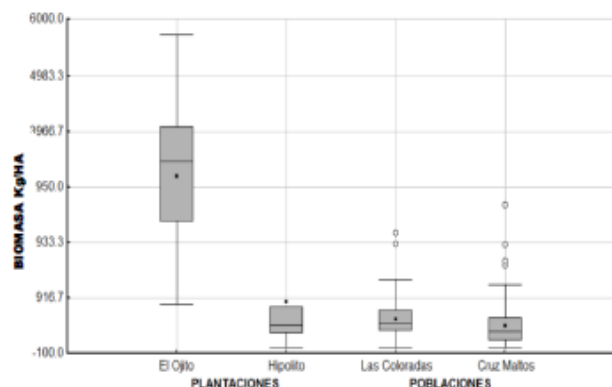


Figura 1. Comparativa de biomasa total verde producida en plantaciones naturales y plantaciones comerciales

establecidas en terrenos con aptitud y sin aptitud al sur de Coahuila

Los datos del inventario para la densidad de la población obtenida en plantaciones comerciales de candelilla PFCc, en el ejido El Ojito, el cual fue establecido como un terreno apto, mostraron una diferencia positiva del 77.9% lo que quiere decir que existió una diferencia de 2338 individuos por Ha, respecto a la densidad que se puede obtener en la población natural en el ejido de Las Coloradas. Para el caso de la plantación establecida en el ejido de Hipólito, el cual es un suelo no apto, se registró una diferencia positiva de 1010 individuos comparado con población natural en el ejido Cruz de Maltos, esto representa un aumento de un 75.4% de individuos por unidad de superficie; esto los datos obtenidos indican que existe un 55.4% de mayor densidad en plantaciones comerciales en terrenos que si son aptos contra los que no son aptos.

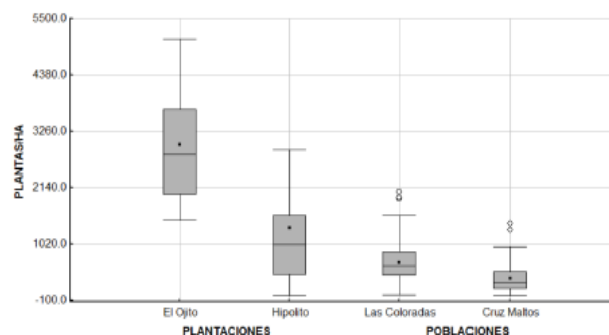


Figura 2. Comparativa de densidad de plantas en poblaciones naturales y plantaciones comerciales establecidas en terrenos con aptitud y sin aptitud al sur de Coahuila

Según los datos obtenidos las plantaciones forestales comerciales tienen un impacto muy importante en la producción de biomasa, así como en la cantidad de individuos presentes en dichas plantaciones; en el caso de plantaciones comerciales con suelo apto (El Ojito), existe una diferencia significativa positiva en la producción de biomasa y la cantidad de individuos. Existen estudios previos donde se indica que la densidad de candelilla en condiciones naturales por hectárea es de 1500 individuos, la cual podría aumentar si es cultivada técnicamente en plantaciones comerciales (Ulises et al., 2011), en el presente estudio la población de individuos, en zonas no aptas, fue mucho menor al reportado en la

bibliografía. Según las estimaciones calculadas por (Bañuelos-Revilla *et al.*, 2019), la población de candelilla así como su biomasa, se ve afectada por la altitud, así como por la inclinación del terreno.

Sin embargo, según lo descrito por (Hernández-herrera *et al.*, 2021), existen otras diversas condiciones abióticas las cuales pueden contribuir en la distribución y la cantidad de biomasa producidas de candelilla, siendo las precipitaciones anuales, así como la temperatura media, las más representativas.

CONCLUSIONES

La biomasa verde total calculada mediante la ecuación 1. Para PFCc la cual fue establecida en un terreo apto para el crecimiento superan hasta en un 60% la biomasa obtenida en terrenos que no son aptos. Al igual que la biomasa, la densidad o cantidad de individuos, depende en gran medida en la aptitud del terreno siendo un 55.4% mayor la población de individuos en sitios que si son aptos con respecto a los que no lo son. Existen también factores abióticos los cuales pueden influir en gran medida en la producción de biomasa y cantidad de individuos, estos factores forman parte importante de la aptitud del terreno donde es cultivada la candelilla, en el caso de áreas que no son aptas para el cultivo, se obtuvieron valores de presencia de individuos menores a los reportados anteriormente, sin embargo, en condiciones controladas o cultivos comerciales, el rendimiento fue mucho mayor. Lo anterior demuestra que la utilización de plantaciones forestales, impactan de manera positiva en la cantidad de individuos (densidad) y la biomasa producida por los mismos, y esto es posible gracias al previo análisis de aptitud de suelos y de los factores abióticos del mismo, dicho estudio, tiene un impacto positivo en la aplicación de plantaciones forestales comerciales, lo cual puede aumentar la cantidad de biomasa que se produce en la zona, y a su vez disminuir el riesgo de sobreexplotación de la especie, lo cual puede traer un beneficio social y económico a las localidades que son productoras de candelilla.

LITERATURA CITADA

- Bañuelos-Revilla, J. E., Palacio-Núñez, J., Martínez-Montoya, J. F., Olmos-Oropeza, G., Flores-Cano, J. A., Bañuelos-Revilla, J. E., Palacio-Núñez, J., Martínez-Montoya, J. F., Olmos-Oropeza, G., & Flores-Cano, J. A. (2019). Distribución potencial y abundancia de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) en el norte de Zacatecas, México. *Madera y Bosques*, 25(1). <https://doi.org/10.21829/MYB.2019.2511657>
- Cano, A., & Hernández, A. (2018). Selección de terrenos con aptitud para plantaciones forestales comerciales de candelilla en Coahuila. In *Tecnologías generadas, validadas, transferidas o adoptadas en los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León en el año de 2018*.
- De Leán-Zapata, M. A., & Aguilar, C. N. (2018). Extraction Methods and Common Uses of Candelilla Wax. *Food Process Engineering and Quality Assurance*, 505–524. <https://doi.org/10.1201/9781315232966-18>
- Gonzalez-Medrano, F. (2012). Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. *Las Zonas Áridas y Semiáridas de México*, 105–144.
- González López, H. D., Valencia Manzo, S., & González Uribe, D. U. (2022). Tabla de rendimiento de biomasa para *Euphorbia antisiphilitica* al norte de Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3), 443–453. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2908>
- Hernández-herrera, J. A., Moreno-reséndez, A., Cristina, M., & Martínez, Z. (2021). Potential distribution of. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 19(2), 1–14. <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2021.19>
- Hernández-Zaragoza, P., Valdez-Lazalde, J. R., Aldrete, A., & Martínez-Trinidad, T. (2019). Multi-criteria and multi-objective evaluation to optimize the selection of areas to establish forest plantations. *Madera y Bosques*, 25(2). <https://doi.org/10.21829/MYB.2019.2521819>
- Huerta-Zavala, J., Sabino-López, J. E., Ochoa-Miranda, R., Damián-Nava, A., Segura-Pacheco, H. R., & Castro, E. H. (2019).



- Áreas potenciales para plantaciones de *Agave angustifolia* Haw en Guerrero, México. *Agro Productividad*, 12(9), 3–9. <https://doi.org/10.32854/AGROP.V12I9.1420>
- Pérez Miranda, R., Enrique Romero Sánchez, M., González Hernández, A., Velasco Bautista, E., Guillermo Ramírez García, A., Romero, M., Lana, J., Juan Bautista Tuxtepec, S., Jocotepec, S., Yaveo, S., Miranda, P., Sánchez, R., González Hernández, M. E., Bautista, V., & García, R. (2021). Áreas potenciales para establecer plantaciones de hule [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss) Müll. Arg.)] en Oaxaca, México. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 1(2), 25–40. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSAT.2021.02.03>
- Ulises, O., Burciaga, M., De La, H., Saucedo, F., & Garcia, G. M. (2011). Ordenamiento del uso del suelo para producción de especies no maderables de uso múltiple en el estado de Nuevo León.
- Vargas-Piedra, G., Valdez-Cepeda, R. D., López-Santos, A., Flores-Hernández, A., Hernández-Quiroz, N. S., & Martínez-Salvador, M. (2020). Current and future potential distribution of the xerophytic shrub *candelilla* (*euphorbia antispyphilica*) under two climate change scenarios. *Forests*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/F11050530>
- Villavicencio-Gutiérrez, E. E., Cano-Pineda, A., Castillo-Quiroz, D., Hernández-Ramos, A., & Martínez-Burciaga, O. U. (2021). Manejo forestal sustentable de los recursos no maderables en el semidesierto del norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, Especial-1. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12iespecial-1.1083>