

Estimación de carbono en *Pinus cembroides* zucc para el área de conservación sierra de zapalinamé

Carbon estimation in *Pinus cembroides* zucc for sierra de Zapalinamé conservation área

Vicenta Constante-García^{1*}, Erika Nava-Reyna¹, Mariana de Jesús Marcial-Pablo¹, Jesús Arcadio Muñoz-Villalobos³, José Alberto Urrieta-Velázquez¹ y Erickson Basave-Villalobos²

¹ CENID-RASPA. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Canal Sacramento Km. 6.5, Gómez Palacio, Dgo.

² Campo Experimental Valle del Guadina. Km. 5 Carretera Durango-El Mezquital Dgo, Dgo.

³ INIFAP, CIRNOC- C.E. Delicias, Km 2 Carretera Delicias-Rosales, Centro, C.P. 33000, Delicias, Chihuahua.

*Autor de correspondencia: constante.garcia@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los bosques de Pino piñonero se encierran en peligro de desaparecer por las actividades antropogénicas. Una opción viable para su protección y conservación consiste en la incorporación a los programas de pago de servicios ambientales como la captura de carbono. El objetivo del presente estudio consiste en evaluar el almacenamiento de carbono en bosques de *Pinus cembroides* Zucc, dentro del área Sierra Zapalinamé, la cual se encuentra sujeta a conservación ecológica a nivel estatal. El muestreo se realizó bajo una intensidad de muestreo considerando un error permitido de 23 %, que definió un número de 20 parcelas de muestreo con una superficie de 400 m². Sobre las mismas se levantaron variables dasométricas como altura y diámetro. La biomasa de obtenida se multiplica por el factor 0.50 y se transformó a contenido de carbono; este factor corresponde a la fracción de carbono (%) en la biomasa seca de la madera de acuerdo con el IPCC (2007). La cantidad total de individuos muestreados arrojan un arbolado con diámetro promedio de 20.33 cm y una altura de 12.55 m cuyas dimensiones generan una biomasa de 41 kg árbol⁻¹ y 21 kg árbol⁻¹. Así, los diámetros presentes en las categorías diamétricas de menor porte que van de 7.5 cm hasta 37.5 cm ofrecen entre 2.5 t ha⁻¹ de biomasa y 1.25 t C ha⁻¹; mientras que el arbolado de mayor porte, con diámetros de 42.6 hasta 67.5 cm aporta tanto biomasa como carbono en el orden de 0.106 y 0.053 t ha⁻¹ respectivamente. Los trabajos consultados concuerdan con resultados obtenidos sobre todo en las clases diamétricas más pequeñas. Los resultados aquí obteniendo aporta información sobre las cifras de carbono que almacena esta especie en su estructura, información que permite una valorización aún mayor y una mejor gestión de recursos en las áreas naturales bajo resguardo como la Sierra Zapalinamé.

Palabras clave: Almacenamiento, C, Pino piñonero.

ABSTRACT

Stone pine forests are in danger of disappearing due to anthropogenic activities. A viable option for their protection and conservation consists of incorporating them into programs for the payment of environmental services such as carbon sequestration. The objective of this study is to evaluate carbon storage in *Pinus cembroides* Zucc forests in the Sierra Zapalinamé area, which is subject to ecological conservation at the state level. The sampling was carried out under a sampling intensity considering an allowed error of 23 %, which defined a number of 20 sampling plots with a surface of 400 m². On these plots, dasometric variables such as height and diameter were collected. The biomass obtained was multiplied by the factor 0.50 and transformed to carbon content; this factor corresponds to the fraction of carbon (%) in the dry biomass of the wood according to IPCC (2007). The total number of individuals sampled yielded a tree stand with an average diameter of 20.33 cm and a height of 12.55 m, with a biomass of 41 kg tree⁻¹ and 21 kg tree⁻¹. 5 cm to 37.5 cm provide between 2.5 t ha⁻¹ of biomass and 1.25 t C ha⁻¹; while the largest trees, with diameters from 42.6 to



67.5 cm, provide both biomass and carbon in the order of 0.106 and 0.053 t ha⁻¹ respectively. The works consulted agree with the results obtained especially in the smaller diameter classes. The results obtained here provide information on the amount of carbon stored by this species in its structure, information that allows an even greater valorization and a better management of resources in the natural areas under protection such as Sierra Zapalinamé.

Keywords: Storage, C, Stone pine.

INTRODUCCIÓN

Los bosques de pino piñonero se caracterizan por establecerse en zonas áridas y presentar una gran distribución sobre el altiplano del norte y centro de México y en donde *Pinus cembroides* es la especie representativa dentro de este grupo (Luna-Cavazos et al., 2008). Esta especie se establece en áreas donde la época de sequía puede durar de siete a ocho meses presentado un limitado crecimiento (Constante-García et al., 2009). No obstante, a pesar de su restringida capacidad productiva puede constituir una fuente complementaria de captura y almacenamiento de carbono (Pompa-García & Yerena-Yamalliel, 2014), además de suministrar bienes a los pobladores locales como leña y madera de cortas dimensiones, resina, alimento e ingresos económicos por la venta de su semilla. Por otra parte, su amplia adaptabilidad y resistencia a condiciones extremas se ha empleado para proyectos de reforestación y restauración ecológica (Ríos-Carrasco et al., 2008). Sin embargo, las poblaciones de esta especie se ven amenazadas o en peligro de desaparecer por las actividades antropogénicas como el cambio de uso del suelo, el pastoreo, la extracción ilegal de la madera y principalmente por la recolección desmedida de la semilla (Rosas-Chavoya et al., 2015). Por lo anterior, son necesarias acciones que promuevan la conservación y el manejo sustentable de *P. cembroides*. Una opción viable es su incorporación a los programas de pago de servicios ambientales como la captura de carbono, dado que estos bosques pueden considerarse como una posible fuente con potencial de mitigación ante el cambio climático (Pompa-García & Yerena-Yamalliel, 2014). De esta manera, se demanda información sobre la estimación de los almacenes de carbono en los bosques de *P. cembroides*.

Dada la importancia y las consideraciones expuestas, esta investigación tuvo como objetivo, evaluar la captura de carbono sobre el suelo (parte aérea arbórea) en bosques de *Pinus cembroides* Zucc, dentro del área Sierra Zapalinamé, la cual se

encuentra sujeta a conservación ecológica a nivel estatal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de evaluaciones de carbono se localiza al sureste de Coahuila dentro de la Sierra de Zapalinamé, formando parte de la región hidrológica Bravo - Conchos No. 24, perteneciente a la cuenca Río Bravo - San Juan (B), entre las coordenadas 101°03'23" y 100°54'49" de longitud oeste y 24°18'56" a 25°15'16" de latitud norte. En términos geológicos es un área plegada y fracturada con topografía accidentada y rocas sedimentarias marinas del Jurásico y Cretácico. Los suelos dominantes son castañozem cálcico, feozem calcáreo y rendzina. El clima se caracteriza por un régimen de lluvias de verano y presencia ocasional de precipitación invernal (INEGI, 1983). El área de muestreo se encuentra dentro de la Sierra Zapalinamé (Zona Sujeta a Conservación Ecológica), la cual, ubicada en la Sierra Madre Oriental (PROFAUNA, 2008). El bosque de *Pinus cembroides* que se establecen a una altitud de 1 350 a 2 700 msnm, en regiones de clima semiárido, con precipitaciones menores a 800 mm de lluvia anual, con presencia de heladas en invierno y con altas temperaturas en primavera-verano (Eguiluz, 1982). En las partes más secas o de exposición sur, *P. cembroides* se asocia a especies como yucas, *Pinus pinceana*, *Juniperus flaccida* y algunas especies del matorral reosetófilo; aunque en partes de exposición norte y de gran altitud puede estar asociada a *Pinus teocote*, *Pinus arizonica*, *Pinus greggii* y *Cupressus arizonica* (PROFAUNA, 2008).

Trabajo en campo y determinación de biomasa

La toma de muestras se realizó sobre la población de la especie *P. cembroides* en el área de conservación ecológica "Sierra de Zapalinamé. Sobre la misma se realizó la medición de variables dasonómicas tales como la altura utilizando un clinómetro marca Sunnto y los diámetros utilizando una cinta diamétrica de Forestry Suppliers. La intensidad de muestreo tomó en cuenta un error permitido del 23 %, el cual arroja un



total de 20 sitios con un dimensión de 400 m² (Figura 1).

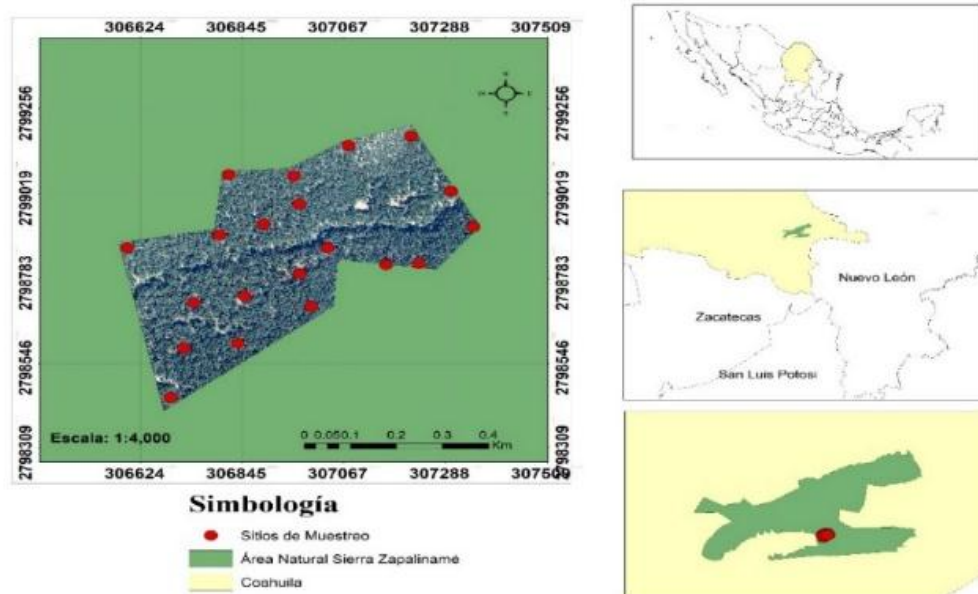


Figura 1. Polígono de la distribución de sitios dentro del área conservada Sierra Zapalinamé.

La realización de los sitios se definió sobre un área homogénea o estrato con características de arbolado similares. El muestreo se realizó de forma sistemática en la medida de lo posible, debido a la gran cantidad de arroyos presentes en el área que no permitió la visualización de ésta distribución en las parécelas realizadas. Los sitios de muestreo tuvieron un radio de 11.283 m tomando en cuenta la compensación por pendiente del terreno en la superficie de 400 m² (Figura 1). Las variables dasométricas tomadas fueron: la altura total del árbol y el diámetro a 1.30 m del suelo (DAP).

Posteriormente, se calculó la biomasa utilizando el diámetro para su respectivo análisis por árbol y por sitio.

La ecuación alométrica para determinar la biomasa fue la reportada por Rojas-García et al., (2015):

$$B = [\text{Exp}[-0.3712] \cdot [\text{DBH}^{1.2663}]]$$

Donde:

B: La biomasa total kg;

DBH: Diámetro a 1.30 m suelo en cm.

Determinación de los contenidos de carbono

La biomasa de obtenida se multiplico por el factor 0.50 y se transformó a contenido de carbono; este factor corresponde a la fracción de carbono (%) en la

biomasa seca de la madera de acuerdo con el IPCC (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa de la parte aérea

En el presente estudio se tomaron en cuenta más de 460 árboles de pino piñonero. La cantidad total de individuos muestreados arrojan un arbolado con diámetro promedio de 20.33 cm y una altura de 12.55 m cuyas dimensiones generan una biomasa de 41 kg árbol⁻¹ y 21 kg árbol⁻¹ de carbono en la zona analizada. La distribución de categorías diamétricas indica una nula presencia de individuos menores a 7.5 cm de diámetro y una alta densidad en las primeras cinco categorías, evidenciando un arbolado de relicto a partir del diámetro 42.6 hasta 67.5 cm (Figura 2a). La distribución diamétrica presenta una forma de “J” Invertida (De Liocourt) propia de bosques irregulares e indicativo de bosques estables y productivos, considerándose la mejor distribución próxima a la naturaleza (CONAFOR, 2017; SEMARNAT, 2014) y para el caso, un bosque productivo en términos de captura de carbono. De forma lógica, el cálculo del carbono promedio por árbol encontrado para las primeras clases diamétricas, con menor diámetro ofrecen una menor cantidad de carbono debido a las dimensiones del

arbolado; en forma contraria las clases diamétricas de mayor dimensión ofrecen mayor contribución (Figura 2b),

El carbono en las primeras clases diamétricas que inicia en la clase de 7.5-12.5 y termina en la clase 37.6 - 42.5 cm tiene un rango de captura de carbono por árbol en un rango de 6 y 31 kg C árbol⁻¹ respectivamente; mientras que el arbolado de diámetro mayor que va de 42.5 a 67.5 cm aporta desde 19 hasta 44 kg C árbol⁻¹ (Figura 2b).

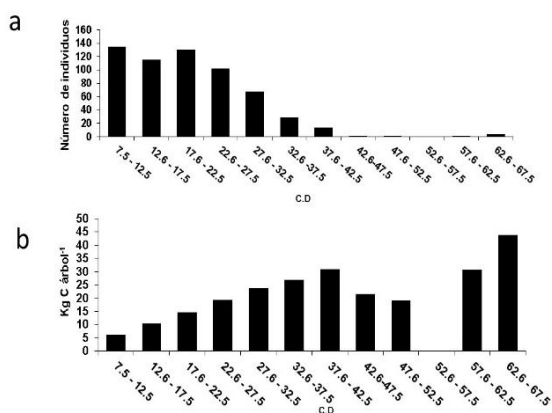


Figura 2. Densidad de individuos por clase diamétrica y almacenamiento promedio de carbono por árbol de *Pinus cembroides*. C.D = Clase diamétrica.

De acuerdo con Iturbide, (2014) un modelo de fuste limpio del *Pinus cembroides* considerando el diámetro base de 8 cm almacena 1.48 kg árbol⁻¹ de carbono; mientras que un modelo de biomasa total estima 3.57 kg árbol⁻¹ de carbono; los resultados obtenidos en el presente trabajo dentro de la clase diamétrica tomado a 1.30 m del suelo en las primera clase arrojan un promedio de 6 kg árbol⁻¹, por lo que, es posible que la toma del diámetro a la base podría influir en obtener menor cantidad de carbono que el trabajo en discusión. Otra fuente indica que la evaluación de carbono en plantaciones de 10 años arroja una captura de entre 2 a 6 kg, resultados similares a las obtenidas en el trabajo realizado (Flores-Ramírez et al., 2012). Finalmente, (Marroquín Morales et al., (2018) reporta para diámetros entre 6 y 11 cm una cantidad de biomasa entre 10.8 y 30.6 kg, cuya cifra es congruente en términos de carbono para la primera categoría.

La alta densidad de individuos de *Pinus cembroides* en el arbolado juvenil permite compensar el aporte de carbono debido a sus dimensiones pequeñas, dado que en las primeras clases diamétricas se presenta

un mayor número de árboles, no así para las clases de mayor porte, cuya densidad resulta ser mínimas en la zona analizada (Figura 3). Así, los diámetros presentes en las categorías diamétricas de menor porte que van de 7.5 cm hasta 37.5 cm ofrecen entre 2.5 t ha⁻¹ de biomasa y 1.25 t C ha⁻¹; mientras que el arbolado de mayor porte, con diámetros de 42.6 hasta 67.5 cm aporta tanto biomasa como carbono en el orden de 0.106 y 0.053 t ha⁻¹ respectivamente.

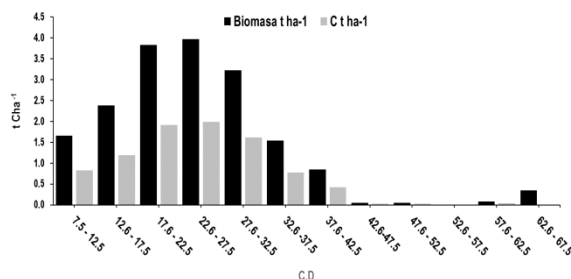


Figura 3. Almacenamiento promedio de biomasa y carbono por clase diamétrica en población de *Pinus cembroides*. C.D = Clase diamétrica.

Los trabajos consultados concuerdan con resultados obtenidos sobre todo en las clases diamétricas más pequeñas. Es impórtate mencionar que la información de categorías de mayores rangos son poco documentadas en piñoneros, sin embargo, se puede observar un mayor contenido de carbono en otras especies, debido a que presentan mayores densidades en categorías mayores a 40 cm de diámetro (CONAFOR, 2002).

CONCLUSIONES

Los bosques de *Pinus cembroides* presentan una gran distribución en todo el país, forman parte de los bosques más secos y representan un gran potencial para restaurar lugares secos, por lo que, la determinación de un carbono en estos bosques es un beneficio más que puede aportar en la línea de servicios ambientales.

Los resultados aquí obteniendo aporta información sobre las cifras de carbono que almacena esta especie en su estructura, información que permite una valorización aún mayor y una mejor gestión de recursos en las áreas naturales bajo resguardo como la Sierra Zapalinamé. En este mismo sentido, la información arrojada también puede aportar información relevante para un posible pago de



servicios ambientales que beneficie el área ejidal al cual pertenece la población de pino piñonero.

AGRADECIMIENTOS

Para la generación de la información contenida en el presente documento y su publicación, se agradece el apoyo otorgado a través del proyecto titulado “Recuperación de la funcionalidad de suelos degradados bajo diferentes estrategias en ecosistemas áridos y templados del norte de México”.

LITERATURA CITADA

- CONAFOR. (2002). Para la evaluación de carbono en bosques de Nuevo León. Comisión Nacional forestal. Zapopan Jalisco, México. 1-20p
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2018/CD004674.pdf>
- Constante-García, V., Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Cornejo-Oviedo, E. H., & Valencia-Manzo, S. (2009). Dendrocronología de *Pinus cembroides* Zucc y reconstrucción de precipitación estacional para el sureste de Coahuila. *Rev. Ciencia Forestal En México.*, 34, 1–16.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/cfm/v34n106/v34n106a2.pdf>
- Flores-Rámirez, F. N., Mendizábal-Hernández, L. C., & Alba-Landa, J. (2012). Foresta Veracruzana. *Foresta Veracruzana*, 14(1), 17–22.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49724122003>
- Luna-Cavazos, M., Romero-Manzanares, A., & García-Moya, E. (2008). Afinidades en la flora genérica de piñonares del norte y centro de México: un análisis fenético. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(2), 449–458.
- Marroquín Morales, P., Méndez González, J., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., & Yerena Yamallel, J. I. (2018). Estimación de biomasa aérea en *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus halepensis* Mill. en Saltillo, Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 094–110.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.172>
- Pompa-García, M., & Yerena-Yamalliel, J. I. (2014). Concentration of carbon in *Pinus cembroides* Zucc: Mitigation potential source of global warming. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 20(3), 169–175.
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.04.014>
- PROFAUNA. (2008). Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra Zapalinamé. Programa Operativo 2008 - 2012.
https://www.biodiversidad.gob.mx/bios/docs/programa_quinquenal_2008-2012.pdf
- Ríos-Carrasco, E., De Hoogh, R., & Návar Cháidez, J. (2008). Ensayos de especies con pinos piñoneros en el nordeste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 14(2), 97–104.
- Rosas-Chavoya, M., Granados-Sánchez, D., Granados-Victorino, R. L., & Esparza-Govea, S. (2015). Clasificación y ordenación de bosques de pino piñonero del estado de Querétaro. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 52–73.
- SEMARNAT. (2014). Método Mexicano de ordenación de bosques irregulares (MMOBI).
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2014/CD001808.pdf>