

## Variación espacial y temporal del contenido de carbono en bosques de la sierra madre occidental: avances preliminares

GONZÁLEZ-CÁSARES, Marcos\*†, POMPA-GARCÍA, Marín, MELÉNDEZ-SOTO, Arnulfo y SOLÍS-MORENO, Raúl

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

Conocer la variación del contenido de Carbono (C) en los ecosistemas forestales es fundamental ante las estrategias de mitigación del cambio climático. Usualmente los métodos tradicionales de cálculo de C son destructivos. Por ello es necesario buscar alternativas de menor impacto en el ecosistema sin menoscabo de la validez y confiabilidad de los resultados. En este estudio se determinó la variación temporal del contenido de C para *Pinus cooperi* en seis nichos ecológicos. Asociando dendrocronología para datar anillos de crecimiento y relaciones alométricas para estimar biomasa, se produjeron cronologías temporales de captura de C. Estos resultados mostraron la capacidad de almacenamiento de C desde 1830 a 2012, mejorando las estimaciones de C ante los escenarios del calentamiento global. Este trabajo adquiere mayor relevancia porque sus estimaciones son precisas y no implicaron derribar el árbol.

**Biomasa, *Pinus cooperi*, dendrocronología, cambio climático, servicios ambientales.**

### Abstract

Knowing the content Carbon variation (C) in forest ecosystems is essential in the strategies for climate change mitigation. Usually the traditional methods of calculating C are destructive. Therefore is necessary looking for alternatives with less impact on the ecosystem without affecting validity and reliability of results. In this study the temporal variation of the C content was determined to *Pinus cooperi* in six ecological niches. Associating dendrochronology to date growth rings and allometric relationships to estimate biomass, were produced temporal chronologies of C capture. These results showed the C storage capacity since 1830 to 2012, improving estimates of C in global warming scenarios. This work is even more relevant because its estimates are accurate and not involved felling the tree.

**Biomass, *Pinus cooperi*, dendrochronology, climate change, environmental services.**

**Citación:** GONZÁLEZ-CÁSARES, Marcos, POMPA-GARCÍA, Marín, MELÉNDEZ-SOTO, Arnulfo y SOLÍS-MORENO, Raúl. Variación espacial y temporal del contenido de carbono en bosques de la sierra madre occidental: avances preliminares 2015, 2-3:368-372

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: magonzalez@ujed.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los gases de efecto invernadero (GEI) son la causa principal del cambio climático, que representa uno de los principales problemas que dañan el ambiente y por lo que es necesario realizar acciones que contribuyan a disminuirlo (Valdés, 2011). Los servicios ambientales que proporcionan los bosques, en especial el secuestro de carbono (C), los convierten en un medio importante de mitigación de dichos gases (Aguirre-Calderón y Jiménez-Pérez, 2011).

Saber cómo el contenido de C en los ecosistemas forestales ha cambiado al pasar de los años, puede aportar información importante que se utilice para conocer el comportamiento del cambio climático e identificar las acciones que se deben realizar para mitigarlo. Una de las formas para realizar ese estudio es a través de la dendrocronología, la cual es una ciencia útil para realizar estudios históricos de condiciones ambientales propias de un lugar, utilizada en ecología, climatología, química y geomorfología (Giraldo-Jiménez, 2011).

Los procedimientos actuales para estimar C en bosque regularmente hacen uso de métodos destructivos para su análisis químico, lo cual provoca un impacto negativo en los bosques. De ahí la importancia de utilizar una metodología que no implique la destrucción del árbol y que además sea igual de certera. Tomando como base que la concentración de C en la biomasa (B) de los árboles, es el 50% (Yerena *et al.*, 2012), una manera práctica de calcularlo es estimando la B; Nívar (2009) propone utilizar una ecuación alométrica, que se presenta como metodología estándar para este propósito.

Actualmente en México son muchos los estudios en dendrocronología, sin embargo los que se encuentran relacionados con el C son escasos incluso a nivel global (Lamlom y Savidge, 2006).

Y existen otros relacionados (Herrero *et al.*, 2011; Jones y O' hara, 2012; Martín *et al.*, 2013; Martín y Thomas, 2013).

Por lo mencionado, con el presente estudio se pretende determinar la variabilidad temporal y espacial del C. Mediante técnicas dendrocronológicas en seis sitios de la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango, ya que se puede generar un modelo práctico y confiable, que permita calcular el contenido de C en un ecosistema forestal en forma espacial y temporal, para inferir información de otros sitios.

## Antecedentes

En los dos últimos siglos se ha detectado un incremento en la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera, consecuencia del uso de combustibles fósiles y cambios en el uso de suelo (Liberato *et al.*, 2010). Se han desarrollado propuestas para la disminución del CO<sub>2</sub> que incluyen innovaciones tecnológicas y el uso de energías alternativas. Los proyectos forestales también son considerados para este objetivo, principalmente porque la vegetación captura este gas, lo hace formar parte de su estructura como C y libera oxígeno (Yerena *et al.*, 2012).

La medición del contenido de C para cuestiones prácticas se ha realizado mediante la estimación de la biomasa, considerando una concentración del 50%, que es el valor más ampliamente utilizado en modelos forestales (Lamlom y Savidge, 2006).

Yen y Lee (2011) realizaron una comparación de secuestro de C entre dos especies, utilizando un modelo alométrico y tomando a la altitud como principal variable de interés. El contenido de C para tal estudio no fue influenciado por la altitud, pero se observa una variación significativa entre especies y clases de edad.

Thomas y Martin (2012) hicieron una síntesis global, de estudios relacionados con el contenido de C en los árboles. Encontraron una variación considerable entre las especies (tropicales, subtropicales y templadas), el C contenido en el tallo varió significativamente en relación con el tipo de especie (gimnospermas y angiospermas), el sitio y sus condiciones ambientales.

Jones y O'hara (2012) llevaron a cabo un análisis comparativo, en la tasa de crecimiento volumétrico y de captura de C de dos parcelas distintas (una regular y la otra de edades variables), definidas por el manejo forestal empleado y sometidas a distintos tratamientos. Se observó que la parcela regular muestra una mayor tasa de incremento de volumen y de captura de C que la irregular. Además que el tipo de manejo no afecta en la concentración de C.

Lamlom y Savidge (2006) desarrollaron un estudio de la variación del contenido de C en dos especies de árboles utilizando los anillos de crecimiento. En el cual se comprueba la relación que existe entre las variables ambientales y el contenido de C de los árboles.

## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio

Se seleccionaron seis poblaciones de *Pinus cooperi* localizadas en la Sierra Madre Occidental del estado de Durango, México. Los sitios se seleccionaron deliberadamente en un gradiente altitudinal, caracterizados por condiciones ecológicas y de manejo forestal similares (Pompa-García *et al.*, 2014). Se evitaron árboles dañados o deformados, así como aquellos cuyo crecimiento estuviera influenciado por la competencia por la luz o nutrientes.

## Metodología

A partir de los sitios de muestreo, se tomaron de dos a tres muestras por individuo mediante un taladro de Pressler. Cada muestra fue procesada (secada y pulida), posteriormente se dató cada uno de los años y se realizó la medición de cada anillo de crecimiento (en  $\mu\text{m}$ ). A partir de este dato se realizó el cálculo del diámetro normal (D, en m) de cada año y asumiendo circularidad en los anillos de crecimiento, se utilizó la ecuación alométrica implementada por Nívar (2009) para *Pinus cooperi* (Ec. 1). El contenido de C se calculó anualmente asumiendo un 50% de concentración de C en la B total, calculada para la parte aérea y las raíces más gruesas.

$$y_i = a(D)^b \quad (1)$$

donde:

$y_i$  = biomasa de componentes de árboles  $i$

D = Diámetro normal

a y b son parámetros estadísticos

Para el total por encima del suelo

$$a = 0.2018 \text{ y } b = 2.2907$$

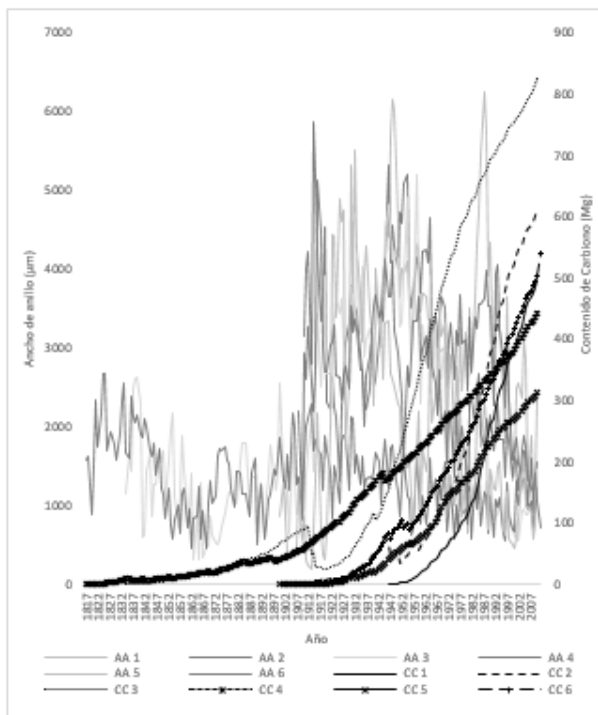
Y para las raíces gruesas

$$a = 0.0051 \text{ y } b = 2.668$$

## Resultados

Los resultados obtenidos permiten observar la variación que existe en el ancho de anillo por año, atribuidas a las condiciones ambientales del sitio. Las curvas de contenido de C se visualizan con un crecimiento uniforme, debido a que se relacionan con la acumulación anual de C. Dado que esta investigación actualmente está en curso, quedan tareas pendientes.

Como identificar en las curvas de contenido de C en que punto se da el incremento máximo, para así establecer un turno de C con fines de manejo forestal; y determinar las variables que se relacionan mayormente al contenido de C, se parte de la premisa que la variabilidad del C es diferente entre sitios, en función de condiciones ambientales y espaciales: localización (coordenadas), precipitación (mm), temperatura (°C), altitud (m), pendiente (%), orientación (°) y suelos (ph).



**Gráfica 1** Contenido de C (Mg) y ancho de anillo ( $\mu\text{m}$ ) para los sitios de muestreo

En la gráfica 1, se destaca el sitio 3 por ser el que registra mayor acumulación de C, si bien es cierto que de este sitio se tienen las cronologías desde 1834, no es hasta 1942 cuando se observa un aumento más significativo. Por otra parte el sitio 5 es el que presenta menor captura de C, donde el mayor incremento se registra en 1937 y 1962.

Del sitio 1 se tienen datos desde el año 1946, en el cual se tiene un incremento en el C en los años 1962, 1975, 1987 y 1997. Del sitio 2 a partir de 1910, en el que se tiene mayor aumento en 1927, 1937, 1952, 1962, 1977, 1987 y 1997. El sitio 4 presenta cronologías del 1817 hasta 2011 sin embargo no se aprecia un incremento tan variable en comparación con los demás sitios. Finalmente para el sitio 6, que es de 1908, los incrementos se dan en 1937, 1952, 1962 y 1987.

### Agradecimiento

Los datos dendrocronológicos fueron posibles mediante el apoyo del laboratorio CENID-RASPA del INIFAP. Se agradece también al proyecto CONACyT 222522.

### Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que existe una variación temporal y espacial del contenido de C. Queda pendiente comprobar si ello depende de las condiciones ambientales y espaciales del sitio. Estos resultados recobran importancia ya que las estimaciones de C son más precisas y no implicaron derribar el árbol, lo que otorga relevancia ante el cambio climático.

### Referencias

Aguirre-Calderón, O. A. y Jiménez-Pérez, J. 2011. Evaluación del contenido de carbono en bosques del sur de Nuevo León. *Rev. Mex. de Cienc. Forestales* 2(6):73-84.

Giraldo-Jiménez, J.A. 2011. Dendrocronología en el trópico: aplicaciones actuales y potenciales. *Colombia Forestal*, 14(1):97-111.  
Herrero, C., Turrión, M. B., Pando, V. y Bravo, F. 2011. Carbon in heartwood, sapwood and bark along stem profile in three Mediterranean *Pinus* species. *Annals of Forest Science* 68:1067-1076.

- Jones, D. A. y O' hara, K. L. 2012. Carbon density in managed coast redwood stands: implications for forest carbon estimation. *Forestry* 85(1):99-110.
- Lamlom, S. H. y Savidge, R. A. 2006. Carbon content variation in boles of mature sugar maple and giant sequoia. *Tree Physiology* 26(4):459-468.
- Liberato, M., Gouveia, C. y Lopes, D. 2010. Avaliação das Potencialidades da Utilização de Dendrocronologia no Estudo dos Impactes Climáticos sobre a Fixação de Carbono no Estrato Arbóreo de Ecossistemas de Pinheiro-bravo no Nordeste de Portugal. *Silva Lusitana*, no. especial:51-63.
- Martin, A. R. y Thomas, S. C. 2013. Size-dependent changes in leaf and wood chemical traits in two Caribbean rainforest trees. *Tree Physiology* 33(12):1338-1353.
- Martin, A. R., Thomas, S. C. y Zhao, Y. 2013. Size-dependent changes in wood chemical traits: a comparison of neotropical saplings and large trees. *AoB PLANTS*.
- Návar, J. 2009. Allometric equations for tree species and carbon stock for forest of northwestern Mexico. *Forest Ecology and Manangement*. 257, 427-434.
- Pompa-García, M., Miranda-Aragón, L. y Aguirre- Salado, C. A. 2014. Tree growth response to ENSO in Durango, México. *International Journal of Biometeorology* 59(1):89-97.
- Thomas, S. C. y Martin, A. R. 2012. Carbon content of tree tissues: a synthesis. *Forest* 3(2):332-352.
- Valdés Ramírez, M. 2011. El cambio climático y el estado simbiótico de los árboles del bosque. *Rev. Mex. de Cienc. Forestales* 2(5):05-13.
- Yen, T.-M. y Lee, J.-S. 2011. Comparing aboveground carbon sequestration between moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla*) and China fir (*Cunninghamia lanceolata*) forest based on the allometric model. *Forest Ecology and Management* 261(6):995-1002.
- Yerena Yamallel, J. I., Jiménez P., J., Aguirre C., O. A., Treviño G., E. J. y Alanís R., E. 2012. Concentración de carbono en el fuste de 21 especies de coníferas del noreste de México. *Rev. Mex. Cien. For.* 3(13):49-56.