



Foresta Veracruzana
ISSN: 1405-7247
lmendizabal@uv.mx
Recursos Genéticos Forestales
México

ECOSISTEMAS FORESTALES DE SANTIAGO DEL ESTERO (ARGENTINA): LA FUNCIÓN AMBIENTAL DE LOS ÁRBOLES COMO FIJADORES DE CO₂

BARRIONUEVO, SELVA AZUCENA; LEDESMA, RAMÓN OSCAR

ECOSISTEMAS FORESTALES DE SANTIAGO DEL ESTERO (ARGENTINA): LA FUNCIÓN AMBIENTAL DE LOS ÁRBOLES COMO FIJADORES DE CO₂

Foresta Veracruzana, vol. 23, núm. 1, 2021

Recursos Genéticos Forestales, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49768568001>

ECOSISTEMAS FORESTALES DE SANTIAGO DEL ESTERO (ARGENTINA): LA FUNCIÓN AMBIENTAL DE LOS ÁRBOLES COMO FIJADORES DE CO₂

SELVA AZUCENA BARRIONUEVO manebarrio@gmail.com

Cátedras de Ecología 1 y 2. FCF-UNSE, Argentina

RAMÓN OSCAR LEDESMA

Cátedra de inglés técnico. FCF-UNSE, Argentina

Foresta Veracruzana, vol. 23, núm. 1,
2021

Recursos Genéticos Forestales, México

Redalyc: [https://www.redalyc.org/
articulo.oa?id=49768568001](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49768568001)

Resumen: Estudios científicos relacionados al cambio climático, realizados a lo largo de estos últimos años han reconocido que es un proceso inevitable e irreversible y sus consecuencias ya muchas veces enunciadas. Entre las estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático, la forestación y reforestación juegan un rol de gran importancia en la fijación de uno de los gases de mayor importancia causante del cambio climático, el CO₂. En este trabajo se pretende destacar la función de fijación de CO₂ en tres tipos diferentes de bosques, evaluando el carbono almacenado en la biomasa en pie, mediante diferentes métodos alométricos. Los resultados alcanzados fueron los siguientes: bosque implantado de *Pinus halepensis* (Miller) 5 ton/ha de CO₂ fijados, para un rodal natural de *Aspidosperma quebracho-blanco*, 1.08 ton/ha de CO₂ fijados, finalmente para un bosque urbano un total de 122.575 ton/ha de CO₂ fijados en la biomasa aérea.

Palabras clave: Cambio climático, ecosistemas forestales, carbono, *Pinus halepensis*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, bosques urbanos.

Abstract: Scientific studies related to climatic change conducted over the last few years have recognized it as an inevitable and irreversible process as much as its already often stated consequences. Among the strategies of adaptation to climatic change and mitigation of climate change, afforestation, reforestation, and conservation of native forests play a role of great significance in the fixation of one of the most important gases causing it: CO₂. This paper aims to highlight the CO₂-fixation function in three different types of forests by determining the carbon stored in the standing biomass using various allometric methods. The results achieved were as follows: in the implanted forest of *Pinus halepensis* (Miller), 5 ton/ha of CO₂ fixed; in the stand of *Aspidosperma quebracho-blanco*, 1.08 ton/ha CO₂ fixed; and, in the urban forest: 122.575 ton/ha of CO₂ fixed in the aerial biomass.

Keywords: Climatic change, forest ecosystems, carbon, *Pinus halepensis*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, urban forests.

Introducción

Los bosques del planeta brindan múltiples beneficios a través de bienes y servicios necesarios para toda la humanidad. Algunos de estos beneficios son directos, tales como la madera, pulpa para papel, captación de agua, resinas, medicamentos, protección de la biodiversidad, conservación de los suelos, etc. Otros servicios son indirectos o intangibles, como el

esparcimiento, o bien la fijación de carbono. En lo que se refiere a esta última función, es clave destacar la capacidad de almacenar el CO₂ en la biomasa por diferentes especies forestales que conforman los bosques naturales o bien implantados.

En Santiago del Estero (Argentina), es poco conocido este beneficio intangible que presentan las diferentes masas forestales, de manera que la madera extraída mediante un manejo inadecuado sólo tiene importancia para la producción de leña y carbón vegetal -de bajo valor agregado- acrecentando luego el desmonte de los remanentes para la extensión de la frontera agrícola-ganadera, destacando que estas últimas actividades, son fuentes importantes de otros gases con mayor permanencia en la atmósfera, como el metano o los óxidos nitrosos, conformando también estos últimos el grupo de los denominados GEI (gases de efecto invernadero).

Esta situación y sus consecuencias se agravan cuando se trata de bosques de regiones áridas y semiáridas, como es el caso del área objeto de estudio, debido a que estos ecosistemas están conformados por las denominadas especies de madera “dura” las que requieren de un periodo de tiempo importante para lograr reconstruir los estadios iniciales del sistema ecológico.

La especie evaluada en una plantación forestal es el pino de alepo o pino carrasco, *Pinus halepensis* (Miller), es una especie de la familia de las Pináceas, que puede alcanzar hasta unos 20 m de altura, es perennifolia, de copa densa y cónica en ejemplares jóvenes, que con el tiempo la copa se vuelve irregular. Se propaga por semillas, con un crecimiento rápido, es sumamente longevo. Presenta una madera de densidad media muy empleada para hacer cajas, embalajes, tableros de aglomerado y pasta para papel. Es un pino resinoso por excelencia, muy empleado en la industria química.

Según De las Heras *et al.* (2011), la distribución geográfica a nivel mundial del *Pinus halepensis*, se encuentra desde el norte de África, la costa mediterránea hasta las áreas montañosas, bordeando el Sahara. En general, se puede decir que el área de distribución son zonas de clima mediterráneo, se adapta muy bien a la sequía. Entre sus funciones ambientales se destaca la prevención de la erosión, con fuerte arraigamiento y su madera dura que permite una buena fijación de CO₂.

Por otra parte, el “Quebracho blanco” (*Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl.) es la especie arbórea más abundante en el Chaco Sudamericano y posiblemente la especie forestal con el mayor rango latitudinal y altitudinal en Sudamérica (Barrionuevo *et al.*, 2013). Es la especie que “sobrevivió” a la histórica tala indiscriminada, lo que permitiría abastecer de nuevas materias primas a industrias productoras de bienes de alto valor añadido (Ledesma y Galindez, 1974). Según Martínez (2004), la madera del quebracho blanco posee muy buenas propiedades tecnológicas, tales como dureza y gran resistencia a la abrasión, sumado a un atrayente color blanco amarillento con un veteado suave, la hacen a simple vista muy indicada para la elaboración de pisos, parquet y otros productos, aunque

en la actualidad, aun continúa empleándose solamente para leña y carbón, sin adicionar ningún valor a agregado.

Las áreas verdes urbanas juegan un papel preponderante como reguladores térmicos, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos. En la Provincia de Santiago del Estero, el “Parque Aguirre”, un bosque urbano que fue forestado en el año 1903, con plantaciones de *Eucalyptus* sp, a los fines de fijar zonas muy anegadas cuyos objetivos fueron de carácter sanitario; en la actualidad se suman a estos eucaliptos una gran variedad de especies arbóreas, tales como, grevilleas, tipas, lapachos, etc.

La plaza Belgrano de la ciudad de la Banda, dista de la capital de la provincia aproximadamente 8 km, cuenta con una superficie aproximada de una hectárea y media, en la misma se puede distinguir diferentes especies forestales semejantes a las presentes en el bosque urbano del “Parque Aguirre”. La Plaza Belgrano fue creada en 1928, como monumento al creador de la Bandera Argentina, Don Manuel Belgrano; el objetivo de su creación, además de destacar el monumento al mencionado héroe, fue para esparcimiento de los ciudadanos en un área verde (Grana de Manfredi y Salido de Martínez, 2012).

En el presente trabajo se evaluó la capacidad de almacenamiento de carbono, en estos tres tipos de ecosistemas forestales presentados, con el objetivo principal de destacar la función ambiental de importancia como fijadores de CO₂ de las especies forestales presentes en los mencionados bosques.

Material y métodos

La plantación de *Pinus halepensis* se encuentra ubicada en la Ruta 51, entre vías del ferrocarril y ruta nacional 34, de la ciudad de La Banda (Santiago del Estero, Argentina) (imagen 1). Un área con 20 ha de las cuales dos hectáreas corresponden a la plantación de *Pinus halepensis* con un total de 71 individuos (Barrionuevo et al., 2015).



Imagen 1. Plantación de *Pinus halepensis* (Miller).

Las variables evaluadas fueron: diámetro a la altura de pecho (DAP), altura total (HT) y densidad de la madera, calculada en laboratorio. Se seleccionaron 10 individuos para ser apeados y medidos *in situ*, los individuos apeados estaban comprendidos dentro de las clases diamétricas

encontradas representativas; el objetivo de apear y medir la biomasa aérea en campo fue para correlacionar con los valores obtenidos mediante el uso de la ecuación de Brown *et al.* (1989):

$$Y = \exp[-2.4090 + 0.9522 \ln(D^2HS)]$$

El carbono almacenado en la biomasa aérea del rodal de Quebracho blanco, se estimó llevando a cabo un inventario forestal en un bosque natural clausurado a la entrada de animales domésticos e intervenciones antropicas. El área de estudio se encuentra ubicada sobre la ruta nacional n° 9 a 27 km al sur de la ciudad capital de la provincia de Santiago del Estero, a 28° 05' sur y 64° 15' oeste.

Las variables medidas fueron: altura total (HT), diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura fustal (HF).

Para estimar el CO₂ de la biomasa en pie se empleó la relación de volúmenes y de peso específico de la madera de la especie, para ello es necesario conocer el volumen de cada uno de los individuos inventariados. Los volúmenes comerciales -considerando ramas hasta 7 cm de diámetro, incluida la corteza- se calcularon por medio del modelo logarítmico de variable combinada propuesto por Benítez *et al.* (2002). La determinación del Peso Específico aparente corresponde a la madera seca al aire, con un 12% de contenido de humedad, arrojando un valor de 875 Kg/m. para el quebracho blanco (Coronel, 1994).

Uso de Factores de Expansión de Volumen

Como los datos obtenidos corresponden al volumen comercial, se requiere realizar un ajuste a todo el espectro de diámetros de la especie, es decir, desde 10 cm de diámetro como mínimo. Para tal efecto se recurre al Factor de Expansión de Volumen (FEV), a los fines de realizar tal corrección. Dicho ajuste se hace dependiendo si el volumen alcanzado es > o < a 250 m³/Ha.

$$\begin{aligned} \text{FEV} &= \exp [1.3 - 0.209 * \ln (\text{vol})] \text{ si } < 250 \text{m}^3/\text{ha} \\ \text{FEV} &= 1.13 \text{ si } = 250 \text{m}^3/\text{ha} \end{aligned}$$

Uso de Factores de Expansión de Biomasa

Como los valores alcanzados corresponden a la biomasa comercial, es decir sin considerar la totalidad del árbol por encima del suelo (ramas, ramillas, hojas), es necesario emplear un factor de “Expansión de Biomasa” (FEB), el cual depende de los valores de biomasa alcanzados.

$$\begin{aligned} \text{FEB} &= \exp[3.213 - 0.506 * \ln (\text{biom})] \text{ si } < 190 \text{ton}/\text{ha} \\ \text{FEB} &= 1.75 \text{ si } = 190 \text{ton}/\text{ha} \end{aligned}$$

Estimación del carbono fijado

Por último, el carbono real contenido en la biomasa se calculó con la siguiente fórmula:

$$C=At*Bl*Rc$$

Siendo:

At = Área total de estudio.

Bl = Biomasa promedio estimada.

Rc = contenido de Carbono en el peso seco estimado en un 50%.

Biomasa aérea de las especies forestales de los bosques urbanos

Las dos áreas urbanas fueron la Plaza Belgrano de la Ciudad de La Banda (Santiago del Estero, Argentina) y un área representativa del Parque Aguirre, Capital de Santiago del Estero (Argentina) (imagen 2). Los árboles seleccionados fueron los más representativos, en tamaño y en condiciones sanitarias, correspondiendo a 5 especies. En cada uno de los 100 individuos totales se midieron: diámetro a la altura del pecho en cm (DAP) y altura total del árbol en metros (HT).

Para la estimación de la biomasa aérea de las especies arbóreas de las dos áreas forestales urbanas, se empleó también una ecuación alométrica de carácter general, que responde a las condiciones de los bosques urbanos en estudio, en cuanto a valores medios de precipitaciones y temperaturas anuales, para ello se seleccionó la ecuación de de Brown *et al.* (1989):

$$Y=\exp[-2.4090+0.9522\ln(D^2HS)]$$



Imagen 2. Especies forestales presentes en los ecosistemas urbanos evaluados.

Resultados

Los valores de CO₂ almacenados en la biomasa en pie en la plantación de *Pinus halepensis* (Miller) fueron de 5 ton de CO₂/ha (figura 1).

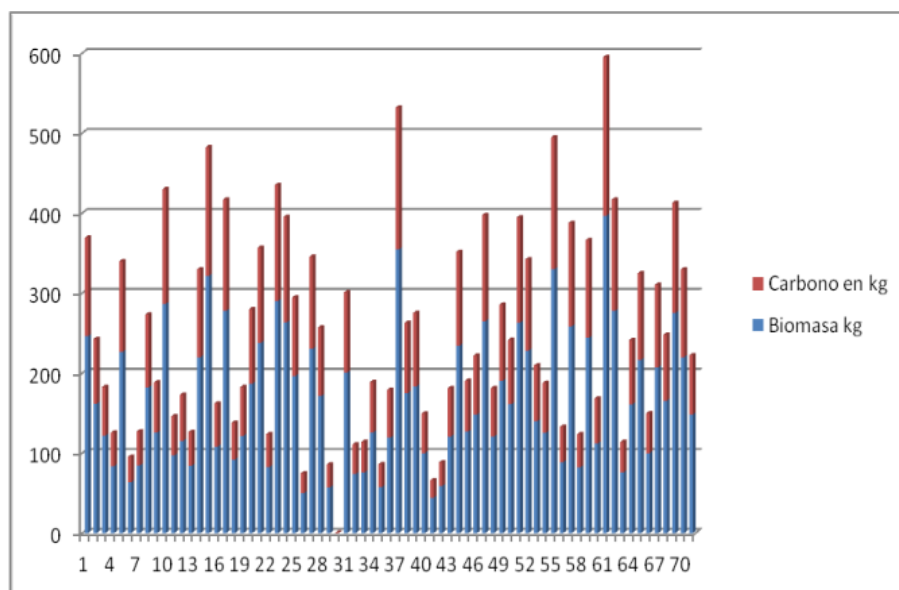


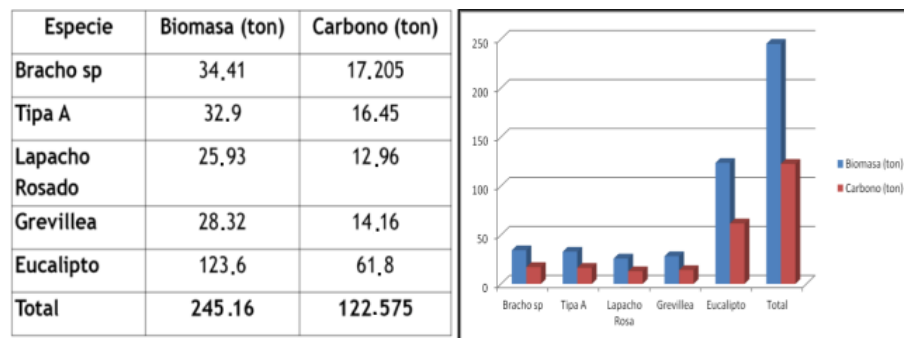
Figura 1. Relación de peso de la biomasa y carbono fijado en la plantación de *Pinus halepensis* (Miller).

Los valores estimados de CO₂ almacenado en la biomasa aérea del bosque natural de Quebracho blanco fue de 1.018 Ton de CO₂/ha (cuadro 1).

Sobre el total de 100 árboles medidos en los bosques urbanos, se estimó un contenido de CO₂ en la biomasa en pie de 122.575 ton de CO₂ (cuadro 2, figura 2).

Nº árboles/muestra	Dap (cm) del árbol medio	Carbono/muestra	Carbono/ha
129	10.43	4.066	0.162
113	12.10	11.114	0.444
58	17.10	26.914	1.076
37	21.82	58.101	2.324
19	26.34	41.725	1.669
3	32.27	1.357	0.054
6	36.80	47.948	1.917
1	44.20	1.889	0.075

Cuadro 1. Contenido de Carbono en toneladas, por muestra y por ha, en el rodal de *Aspidosperma quebracho-blanco*.



Cuadro 2 y Figura 2. Carbono estimado en la biomasa de 100 individuos de especies diferentes en las áreas urbanas de Santiago del Estero capital y Banda.

Discusión

Los valores del CO₂ almacenados en la biomasa en pie en los tres tipos de ecosistemas forestales evaluados en el presente trabajo, muestran la importancia y el rol preponderante que juegan las diferentes especies forestales en la fijación y almacenamiento de CO₂; si bien la metodología empleada para cada tipo de sistema forestal es diferente, por lo cual no es comparativo, este trabajo tiene como fin principal destacar la función ambiental de los árboles como fijadores de carbono, cualquiera que sea la especie y la finalidad que desempeñen en su medio.

Conclusión

Santiago del Estero (Argentina) es una provincia con una intensa explotación forestal, destruyendo los ecosistemas forestales naturales para transformarlos en sistemas agrícolas y ganaderos, que en la mayoría de los casos no tienen un manejo sustentable. Esta actividad contribuye fuertemente a incrementar los impactos negativos, tales como la desertificación, la transformación de grandes masas forestales en áreas arbustivas empobrecidas, etc. El comprender el valor ambiental que guardan las especies arbóreas como almacenadores de CO₂ y su contribución a reducir el impacto del calentamiento global, generarían políticas de forestación, reforestación y conservación de los ecosistemas forestales santiagueños.

Bibliografía

- BARRIONUEVO, S.A.; PAN, E.; MEDINA, J.; TABOADA, R. y LEDESMA, R. 2013. La contribución ambiental de rodales de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltl. en la fijación de CO₂: bases para una gestión sustentable. *Foresta Veracruzana* 15(1):31-36.
- BARRIONUEVO, S.A.; PAN, E. y LEDESMA, R. 2015. Ecosistemas implantados y cambio climático: estimación del CO₂ fijado en un rodal

de *Pinus halepensis* (Miller) en Santiago del Estero, Argentina. Foresta Veracruzana 17(1):27-32.

- BENITEZ, C.; PECE, M.; GALINDEZ, M.; MALDONADO, A. y ACOSTA, V. 2002. Biomasa aérea de ejemplares de Quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) en dos localidades del Parque Chaqueño Seco. Revista Quebracho 9:115-127.
- BROWN, S.; GILLESPIE, A.J.R. and LUGO, A.E. 1989. Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. Forest Science 35:881-902.
- CORONEL, E. 1994. Fundamentos de las Propiedades Físicas y Mecánicas de las Maderas. Facultad de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina. 189 pag.
- DE LAS HERAS, J.; ALFARO-SÁNCHEZ, R.; HERNÁNDEZ-TECLES, E.J.; HEDO, J. y MOYA, D. 2011: Restauración y manejo de Pinares de Pino Carrasco tras incendio en el sureste de la Península Ibérica. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete, Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario s/n, 02071, Albacete, España. Boletín del CIDEU 10: 63-79. ISSN 1885-5237.
- GRANADA DE MANFREDI, L. y SALIDO DE MARTÍNEZ, M.N.S. 2012. La Banda, imágenes y recuerdos. Santiago del Estero, Argentina: Editorial Lucrecia. 224 pags.
- LEDESMA, N.R. y GALINDEZ, V.H. 1974 Un modelo de desarrollo de región semiárida con sus propios recursos biológicos: El Distrito Forestal. V Reunión Nacional para el Estudio de las Regiones Semiáridas y Áridas y I Encuentro de la Zona Árida latinoamericana. Mendoza, Argentina. pp. 14.
- MARTÍNEZ, R. 2004. Mejora de la estabilidad dimensional de la madera de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*, Schelechtend, Apocinácea), mediante el uso de tanino y polietilenglicol. Revista Quebracho 11: diciembre 2004. pp. 73.