



BIOMASA EN PRE Y POST COSECHA EN PLANTACIONES DE SAUCE EN EL DELTA DEL PARANÁ (ZÁRATE)

Nocerez, A. ¹; Caffaro, M. ^{1*}; Lupi, A. M. ²; Rimski-Korsakov, H. ¹; Mattos, A. ³; Nuñez, S. ⁴; Artero, D. ⁴

¹ Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. Fac. de Agronomía, UBA, Buenos Aires, Argentina.

² Instituto de Suelos, CIRN, INTA. Los Reseros y Las Cabañas. Hurlingham, Buenos Aires

³ Profesional independiente.

⁴ Arauco Argentina S.A. Región Centro, Zarate, Buenos Aires *Contacto: caffaro@agro.uba.ar

RESUMEN: El sauce (*Salix spp*) es una especie relevante en el Delta del Paraná debido a su adaptabilidad y rápida producción de madera. El manejo aplicado, ya sea a través de la densidad de plantación, nro de rotaciones y principalmente el tipo de cosecha influyen en el retorno de biomasa al suelo, al ciclo del carbono y de los nutrientes, determinando la sustentabilidad de la producción. El trabajo se desarrolló en tres lotes de la empresa Arauco Argentina S.A. Región Delta en Zarate, Buenos Aires, donde el tipo de cosecha es Cut to Length (CTL), que deja los residuos de cosecha en el lote. En los tres lotes de plantaciones de sauce se tomaron muestras de mantillo y residuos, clasificándolos entre leñosos y no leñosos tanto en pre y post cosecha. Observamos diferencias significativas en la cantidad de residuos y material acumulado en el sotobosque y mantillo entre los lotes en precosecha y postcosecha. La cantidad de residuos y mantillo de *Salix spp* en precosecha fue en promedio 9,2 Mg/ha, aumentando significativamente la cantidad luego de la cosecha. En promedio, en postcosecha la cantidad de mantillo y residuos fue de 21,2± 11,9 Mg/ha. De esta cantidad total, 13,4 ±11,3 Mg/ha corresponde a material leñoso y 7,4± 4,4 Mg/ha a no leñoso. El estudio proporciona información sobre los aportes de C al suelo en postcosecha, la composición de residuos en plantaciones de sauce, subrayando la importancia del manejo adecuado de los residuos para conservar la salud del suelo y los nutrientes.

PALABRAS CLAVE: Producción forestal, biomasa, Delta.

INTRODUCCIÓN

El sauce (*Salix spp*) tiene su principal núcleo productivo en el Delta por la excelente adaptación y capacidad de generar madera en turnos relativamente cortos. Actualmente, más de dos tercios de las plantaciones de Salicáceas son de sauce con destino principal “triturado” (Cerrillo 2023).

Las prácticas silvícolas que manipulan los residuos leñosos y la composición estructural de un bosque pueden tener efectos tanto a corto como a largo plazo sobre el ciclo biogeoquímico (Murray *et al.*, 2022). Las principales salidas de nutrientes del sistema productivo en plantaciones se generan con la cosecha y el establecimiento de la nueva plantación (Gonçalves & Benedetti, 2000). El tipo de sistema de cosecha puede producir cambios en el balance del C y de los nutrientes (Nave *et al.*, 2010) y afectar negativamente la calidad del suelo (Fox, 2000; Jandl *et al.*, 2007). Varios estudios muestran que determinadas estrategias de manejo forestal, como el tipo de cosecha, pueden mejorar la capacidad de secuestro de carbono y el almacenamiento de carbono en el suelo (Jandl *et al.*, 2007; Ameray *et al.*, 2021). Por otro lado, la sustentabilidad de la producción forestal se basa en gran medida en la elección de las técnicas de manejo más apropiadas, teniendo en cuenta el un balance adecuado de los ciclos de los nutrientes, así como también una buena conservación del agua en el perfil del suelo. La aplicación de prácticas de preparación del terreno, que involucran

una conservación de los residuos de la cosecha, puede ejercer efectos pronunciados sobre el contenido de nutrientes del ecosistema y consecuentemente sobre la fertilidad del suelo en el corto y largo plazo. Tal es el caso de nutrientes como N, P, K y Ca, los cuales han demostrado estar fuertemente correlacionados con la producción de madera (Turvey y Smethurst, 1994). El objetivo de este trabajo fue: 1) Cuantificar la cantidad de mantillo y sotobosque en situación de precosecha, en plantaciones de sauce. 2) Cuantificar la cantidad de residuos de la cosecha forestal en plantaciones de sauce.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una propiedad de la empresa Arauco Argentina Región Delta, localizada en el departamento Zarate, provincia de Buenos Aires, Argentina. Según la clasificación climática de Köppen-Geiger el clima de la región es del tipo climático Cfa, templado con lluvias todo el año (Malvárez 1997). Las temperaturas medias anuales se encuentran entre los 16.7° C y los 18° C, y las precipitaciones medias anuales alrededor de 1000 mm. El balance hídrico según el método de Thornthwaite y Mather (1955) indica que, no se registra un neto período de déficit hídrico en el año. Según se indica en 4 Los suelos son aluviales y jóvenes, con escaso grado de desarrollo pedogenético y rasgos hidromórficos intensos (Falasca y Ulberich, 1999; Gómez y Ferrao, 1986y Pereyra et al., 2004). Los suelos predominantes del área pertenecen al orden de los Entisoles (Udifuventes, Endoacuentes y Fluvacuentes) y en menor medida al de los Molisoles, reconociendo a nivel de suborden un régimen de humedad ácuico. Las porciones deprimidas presentan suelos de los tipos Haplacuentaérico y Haplacuolhistico, los que se caracterizan por altos contenidos de materia orgánica (hasta 40%) y bajos valores de pH (entre 4 y 5). Los materiales originales corresponden a texturas medias, principalmente franco-arenosas y franco-areno-limosas que provienen del retrabajo de las arenas y limos y, en algunos casos, de sedimentos marinos (determinando la ocurrencia de suelos con altas concentraciones de sodio). Estos sedimentos, predominantemente finos, presentan una adecuada capacidad para el almacenamiento de iones y nutrientes (Neiff y Malvárez 2004).

La empresa aplica el sistema de cosecha Full Mecanizada - Cut to Length (CTL, madera corta) el cual consiste en cortar los árboles dentro del bosque, trozarlos a la medida y dimensiones requeridas y, posteriormente, extraer las trozas de manera que quedan clasificadas por producto final al costado de un camino. Los residuos de la cosecha (restos de fuste y copa) permanecen distribuidos sobre el terreno.

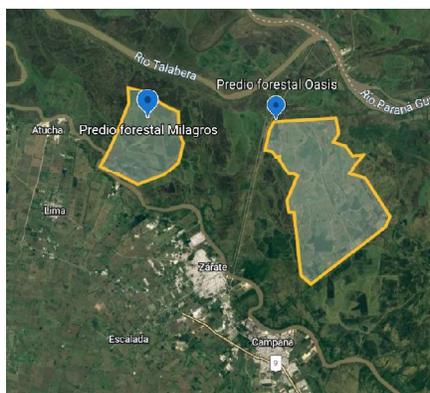


Figura 1. Vista satelital y ubicación del predio forestal Oasis y del predio forestal Milagros. Fuente: Google Earth.

En este estudio los relevamientos se realizaron en 3 lotes en situación de pre y post cosecha.. En el predio Milagros se encuentra el Lote 5 clasificado como un lote de buena calidad. Estaba implantado con *Salix babylonica* var. *sacramenta* de 24 años a una densidad de 637 árboles/ha. En el predio Oasis se encuentran los otros dos lotes estudiados. El Lote 7 y el 84 se encuentran implantado con *Salix matsudana* x *alba*, de 14 años y con una densidad actual

de 1.259 plantas por ha el lote 7 y el. Lote 84, presenta 13 años de implantación y una densidad de 1.668 plantas por ha. Este lote, al igual que el 7, tuvo 3 rotaciones previas a la estudiada.

Se tomaron 20 muestras por lote en situación de pre y poscosecha. Para esto se dispuso, de manera aleatoria, un marco de 50 x 50 cm y se recolectó todo el mantillo orgánico comprendido en esta superficie. El mantillo incluye tanto biomasa viva (plantas, hongos) como necromasa y residuos leñosos de hasta 8 centímetros de diámetro. Luego se clasificaron en componente leñoso y/o no leñoso. Las muestras fueron secadas en estufa a 65°C hasta alcanzar peso seco constante (PS). De esta forma se obtuvo la masa seca total de mantillo pre y post- cosecha por lote estudiado y dentro de ésta la proporción de material leñoso y no leñoso. Log valores se extrapolaron a la hectárea calculando la materia seca por ha (MS). $MS \left(\frac{Mg}{ha} \right) = 0,25 * MS / 10000$. Finalmente se realizó un análisis de varianza (ANVA) para la acumulación de biomasa en pre y post cosecha y para la clasificación del material (leñoso y no leñoso). Los valores de MS se trasformaron en carbono (C) aplicando un factor de 0,5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se muestra el peso medio del mantillo para cada rodal en las situaciones precosecha y post cosecha. Los lotes analizados presentaron diferencias significativas en la cantidad de mantillo total en pre-cosecha. En promedio, en este momento de muestreo la cantidad de mantillo y residuos del sotobosque fue de $9,7 \pm 3$ Mg/ha lo que equivale a 4,8 MgC/ha. El lote 5 fue el que presentó una mayor cantidad (1,5 más que el lote 7 y 2,5 más cantidad de mantillo que el lote 84). El lote 84 fue el que menor cantidad tenía de los 3. Estas diferencias podrían explicarse debido a que el lote 84, pese a tener la mayor densidad de árboles por ha, es un lote en primer rotación forestal.

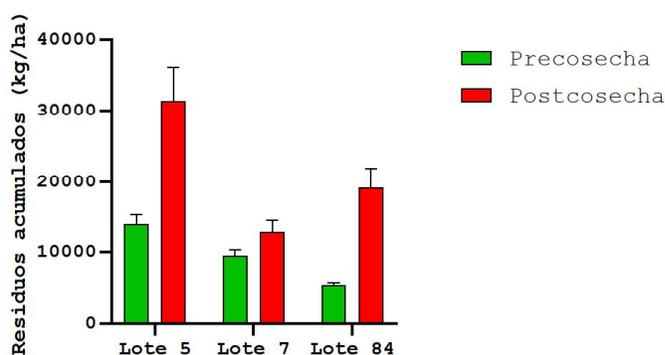


Figura 2: Materia seca promedio del mantillo en situaciones pre cosecha y residuos de post cosecha en los lotes 5, 7 y 84, las barras corresponden al promedio de 20 muestras \pm error estándar.

En los lotes 5 y 84, la biomasa total post cosecha fue significativamente mayor que en pre cosecha. En el lote 7 existió la misma tendencia ($p=0,06$). En el lote 5 el mantillo aumentó un 123% en post cosecha. En el lote 84 el incremento fue mayor, siendo del 253% en post cosecha. Por otro lado, en el lote 7 el incremento de residuos a post cosecha fue menor que en los otros lotes, siendo de 36,5% superior en el post-cosecha ($p=0,06$).

En promedio, en postcosecha la cantidad de mantillo y residuos fue de $21,2 \pm 11,9$ Mg/ha. De esta cantidad total $13,4 \pm 11,3$ Mg/ha corresponde a material leñoso y $7,4 \pm 4,4$ Mg/ha a no leñoso. La MS de residuos totales en post cosecha fue significativamente mayor en el lote 5, siendo el lote 7 el que presentó la menor cantidad (Lote 5 > Lote 84 > Lote 7). La MS fue de 1 fue de 31,4 Mg/ha (5) ; 19,2 Mg/ha (84) y 13 Mg/ha (7). Como puede verse, el lote 84 es el

que tiene el mayor porcentaje de aumento, hecho que podría explicarse debido a la mayor densidad de árboles por ha que presenta. En general, muchos componentes de los árboles que comprenden una pequeña cantidad de biomasa (hojas, raíces finas, etc) contienen grandes cantidades de nutrientes en comparación con la madera de los árboles (Powers *et al.*, 2005). Los nutrientes del suelo, como el nitrógeno, el fósforo, el calcio, el magnesio y el potasio, son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por esta razón, el aumento de las extracciones de biomasa para bioenergía u otros usos plantea preocupaciones sobre si se pueden mantener niveles adecuados de nutrientes para proteger la productividad del sitio. Es probable que prácticas más intensivas, como acortar sustancialmente las rotaciones, eliminar los residuos leñosos gruesos y/o la exportación de árboles y arbustos no comercializables, reduzcan el carbono y la materia orgánica del suelo (Janowiak & Webster, 2010.)

En la Figura 3 se muestra la cantidad de mantillo en los lotes, clasificados según leñosos o no leñosos, en los momentos pre y post cosecha. En pre-cosecha, en los lotes 5 y 84, la proporción de residuos no leñosos fue, significativamente, mayor (72,7% y 64,43% para los lotes 5 y 84 respectivamente). En el lote 7 dicha diferencia no fue significativa (55,8% y 44,2% para material no leñoso y leñoso, respectivamente). En post cosecha puede verse que las proporciones se invirtieron (Figura 3). En los lotes 7 y 84 la proporción de material leñoso fue mayor que la de no leñoso (55,8 % y 77,49 % para los lotes 7 y 84 respectivamente). En el lote 5 no hubo diferencias significativas (47,3 % y 52,7% para material no leñoso y leñoso, respectivamente). Como era de esperarse en los 3 lotes la cantidad de material leñoso fue mayor en post cosecha que en precosecha debido a los restos no exportados.

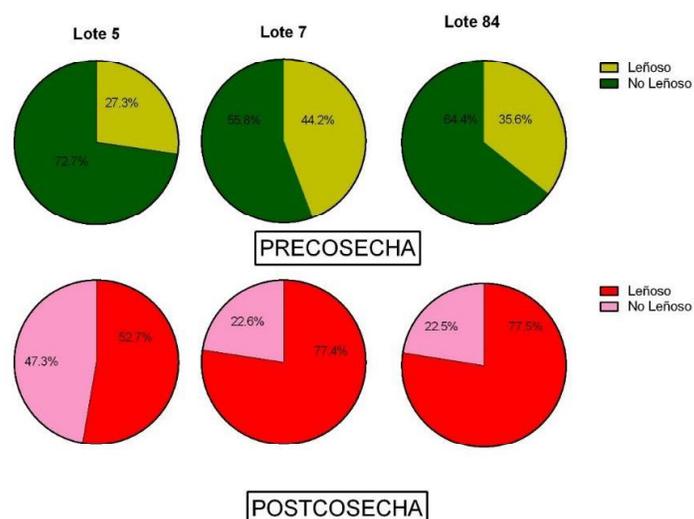


Figura 3: Clasificación del mantillo y porcentajes del mismo en los lotes 5, 7 y 84 en precosecha (arriba) y postcosecha (abajo).

El lote 84 es el que tiene mayor cantidad de árboles, lo que produce el crecimiento del residuo leñoso, pasando a representar un 77,5% del valor total. Esta diferencia, podría explicarse por el momento de muestreo, ya que en los lotes 7 y 84, las muestras post-cosecha fueron recolectadas enseguida, tras la cosecha. Por otro lado, las muestras del lote 5, por inconvenientes en el acceso al predio, no pudieron tomarse inmediatamente después de la cosecha. Esta demora hizo que, en el momento del muestreo, hubiera una mayor cantidad de material verde, vivo, que había crecido en esos meses y que podría explicar la mayor

proporción de material no leñoso en comparación con los otros lotes. Así mismo, debe recordarse que este lote es bajo y que presenta una gran cantidad de vegetación de pajonal. A la vez en el lote 5, se encontró la menor densidad de árboles por ha lo que puede haber generado que la proporción de material leñoso fuera similar a la del no leñoso en postcosecha.

El tipo de cosecha CTL y el manejo de residuos que se realiza en la actualidad, brindan resultados positivos para los suelos, en especial si se considera los retornos de carbono al suelo. Tomando los valores promedio de MS de residuos en postcosecha y transformando estos valores en carbono se tiene que en promedio en los lote permanecen 10,6 Mg C/ha. De esta cantidad total 6,9 ±5,7 Mg C/ha corresponde a material leñoso y 3,7± 2,1 Mg C/ha a no leñoso. Los suelos forestales se consideran un sumidero de C y para ello se deben promover estrategias de manejo que aumenten el secuestro y almacenamiento de C en el suelo o eviten su pérdida. El resultado es un balance entre las entradas y las salidas. Un punto importante es conocer cuales son los aportes de C bajo determinadas estrategias de manejo. Los aportes de C al suelo provienen de raíces, árboles muertos y hojarasca y una parte se pierde por la descomposición en tanto que otra proporción se almacena en el suelo. Algunas investigaciones indicaron que la cosecha puede disminuir el C del suelo, mientras que otras informaron efectos positivos dependiendo del método de tratamiento de los residuos de la cosecha y el clima, entre otros aspectos (Peng *et al.*, 2008; Pötzelsberger *et al.*, 2015). En este estudio se tomaron los residuos postcosecha con dimensiones hasta 8 cm, limite máximo aceptado por la industria. En este trabajo no se cuantificó los residuos con dimensiones superiores. La presencia de este tipo de residuos fue significativa ya que permanecieron restos de fustes que fueron manejados mediante conducción de rebrotes en dos o tres rotaciones y no fue posible aprovecharlos con la cosechadora. Además se observó la presencia de grandes ramas y árboles caídos o inclinados. Es por esto que los valores de C en residuos de cosecha pueden estar siendo subestimados y por lo tanto subestimar la cantidad de C que retorna al suelo.

CONCLUSIONES

La cantidad de residuos y mantillo de *Salix spp* en precosecha fue en promedio 9,2 Mg/ha, aumentando significativamente la cantidad luego de la cosecha. En promedio, en postcosecha la cantidad de mantillo y residuos fue de 21,2± 11,9 Mg/ha. De esta cantidad total, 13,4 ±11,3 Mg/ha corresponde a material leñoso y 7,4± 4,4 Mg/ha a no leñoso. La cantidad de residuos totales en post cosecha fue significativamente diferente entre lotes lo cual podría explicarse por las diferencias en historia previa de manejo de los mismos.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Arauco Argentina SA por el apoyo económico para la realización del ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ameray, A., Bergeron, Y., Valeria, O. et al. (2021). Forest Carbon Management: a Review of Silvicultural Practices and Management Strategies Across Boreal, Temperate and Tropical Forests. *Curr Forestry Rep* 7, 245–266 <https://doi.org/10.1007/s40725-021-00151-w>
- Cerrillo, T. 2023. El sauce, un forestal con amplio potencial para la producción y los servicios ambientales Teresa Cerrillo En: Ciencia y Tecnología Forestal en Argentina / Ana María Lupi ; Cristina Area ; Patricia Escobar. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Consejo Nacional Investigaciones Científicas Técnicas - CONICET, 2023
- Fox, T.R. 2000. Sustained productivity in intensively managed forest plantations, *Forest Ecology and Management*, 138, 1–3, 187-202, [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00396-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00396-0).
- Gómez LA, Ferrao F. (1986). Carta semidetallada de suelos del área Arroyo Ñancay-Brazo Largo. Escala 1:50000. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Castelar.
- Gonçalves, L & V Benedetti. 2000. Nutrição e fertilização florestal. IPEF. Instituto de pesquisas e estudos florestais. Piracicaba-SP-Brasil. 427 pp

- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D. W., Minkinen, K. and Byrne, K. A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma* 137(3–4), 253–268.
- Janowiak, M.K., & C.R. Webster. 2010. Promoting ecological sustainability in woody biomass harvesting. *J. Forest.* 108:16–23.
- Malvárez A.I. (1997). Las comunidades vegetales del Delta del Río Paraná. Su relación con factores ambientales y patrones del paisaje. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires
- Murray J, Hagan D, Hiesl P, Baldwin R. The Influence of Slash Management Practices on Water and Nutrient Dynamics in Longleaf Pine Forests. *Forests.* 2022; 13(9):1449. <https://doi.org/10.3390/f13091449>
- Nave, L.N.; Vance, E.D.; Swanston, C.; Curtis, P.S, 2010. Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests, *Forest Ecology and Management*, 259, 5,857-866. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.12.009>
- Neiff J.J. & Malvárez A.I. (2004). Grandes humedales fluviales. Documentos del Curso Taller Bases Ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina (Al Malvárez y RF Bó, comp.). Buenos Aires, 77-85.
- Pereyra FP, Baumann V et al (2004). Génesis de suelos y evolución del paisaje en el Delta del río Paraná. *Revista de la Asociación Geológica Argentina.* 59:229-242
- Powers, R.F., D.H. Alban, R.E. Miller, A.E. Tiarks, C.G. Wells, P.E. Avers, R.G. Cline, R.O. Fitzgerald, N.S.; Loftus JR. 1990. Sustaining site productivity in North American forests: Problems and prospects. P 49–79 in Sustained productivity of forest soils. Proc. of the 7th North American Forest Soils Conference. Gessel, S.P., D.S. Lacate, G.F. Weetman, and R.F. Powers (eds.). University of British Columbia, Faculty of Forestry Publication, Vancouver, BC. 525 p
- Pötzelsberger E, Hasenauer H. (2015). Soil change after 50 years of converting age-class forests dominated by Norwegian spruce to single-tree selection forests. *Para Ecol Manag.* 338:176–82.
- Peng Y, Thomas SC, Tian D. (2008) Forest Management and Soil Respiration: Implications for Carbon Sequestration. *Environment Rev.*16:93–111.
- Turvey, N.D., and P.J. Smethurst. 1994. Soil types as classes for managing the nutrient status of planted *Pinus radiata* in Victoria, Australia. *Aust. Forestry* 57:148-156.