



---

## EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE TROZAS EN LA ACTIVIDAD DE EXTRACCIÓN DE MADERA TRABAJANDO CON *FORWARDERS* EN SEGUNDO Y TERCER RALEO DE PINO EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE MISIONES

Mariano VALDES<sup>1</sup>, Eduardo HILDT<sup>2</sup>, Andrés LESZCZUK<sup>2</sup>, Daniel DURÁN<sup>3</sup>, Patricio MAC DONAGH<sup>1</sup>

### RESUMEN

Los raleos mecanizados en el noreste Argentino generalmente son realizados mediante el sistema de cosecha de corte a medida (“cut-to-length”), implicando la utilización de un *harvester* para el corte, desrame y trozado de los árboles y un *forwarder* para la extracción. Estos sistemas poseen una gran flexibilidad pudiendo operar en plantaciones bajo un amplio rango de edades, terrenos y volúmenes. La elaboración de un mayor número de productos implica la formación de pilas más pequeñas, con una menor concentración de trozas por metro de vía de saca para cada producto, resultando en una mayor complejidad de la extracción. El impacto de la concentración de trozas resultó superior al efecto de la variación en el volumen transportado, que osciló entre 4 y 16 m<sup>3</sup> a lo largo de ambas situaciones. El efecto de la concentración de trozas sobre la distancia recorrida durante la carga también se ve reflejado en el tiempo de formación de la carga del *forwarder*. En segundos raleos el tiempo de formación de la carga resultó significativamente mayor (71%), independientemente de la concentración de trozas del producto transportado.

**Palabras clave:** *Cut-to-length*, *Pinus taeda*, estudios de tiempos, productividad

### 1. INTRODUCCIÓN

En los raleos los productos obtenidos están definidos por el volumen de los árboles, las características de la forestación y la instrucción de corta utilizada por el operador del *harvester*. Las trozas obtenidas son clasificadas por producto y apiladas sobre las vías de saca a la espera de que el *forwarder* realice la extracción. La elaboración de un mayor número de productos implica la formación de pilas más pequeñas, con una menor concentración de trozas por metro de vía de saca para cada producto, resultando en una mayor complejidad de la extracción (Manner et al. 2013).

En este sentido Nurminen et al. (2006) y Eriksson y Lindroos (2014) han determinado que la productividad de la extracción con *forwarder* de trozas triturables resulta menor en raleos respecto de talas rasas, y además se encuentra relacionada a la distancia de extracción y al volumen total de la carga transportada (McNeel y Rutherford 1994; Nurminen et al. 2006; Eriksson y Lindroos 2014). Sin embargo, Manner et al. (2016) indican que la mayor participación de las actividades de carga y descarga en el tiempo total del ciclo para distancias de extracción cortas hacen necesario mejorar la comprensión de la forma en que la concentración de trozas sobre la vía de saca y las características de los productos afectan al tiempo de carga.

Oliveira et al. (2009) encontraron diferencias en la productividad de un *forwarder* trabajando en cortas finales a causa del tiempo insumido en el desplazamiento entre las distintas pilas sobre la vía de saca, concluyendo que la extracción por clases de producto y la dispersión de las trozas en el bosque influyen negativamente a la operación y que trozas de mayor longitud permiten un mejor

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Email [marianovaldes1488@gmail.com](mailto:marianovaldes1488@gmail.com)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, UNaM, CONICET. Email [eduardohildt@gmail.com](mailto:eduardohildt@gmail.com)

<sup>3</sup> Empresa SELVA S.R.L.



aprovechamiento de la caja del *forwarder*. Finalmente, Manner et al. (2013), analizaron el efecto de la concentración de trozas y el número de productos extraídos en un mismo ciclo mediante un experimento controlado, encontrando que el tiempo total del ciclo se reduce cuando se extrae un único producto, con una mayor concentración de trozas sobre la vía de saca.

Se desconoce cómo las dimensiones de los productos y su concentración sobre las vías de saca afectan a la formación de la carga del *forwarder*, a los movimientos entre pilas y a la productividad de la extracción en raleos.

En objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto causado por la variable concentración de trozas sobre la vía de saca, como esta afecta a la formación de la carga del *forwarder* y al tiempo demandado en dicha formación.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó el comportamiento de un *forwarder* Bertotto TH 160 4x4 realizando la extracción de los productos elaborados por un harvester Logman 801H en segundos y terceros raleos en forestaciones de *Pinus spp.*, ubicadas en el norte de la provincia de Misiones. El *forwarder* fue evaluado realizando la extracción de las trozas elaboradas, clasificadas y apiladas sobre las vías de saca por un *harvester* Logman 801H. Los ciclos de trabajo comprendieron la extracción de un único producto cada vez.

Se realizaron estudios de tiempos y movimientos semi-automatizados en los cuales se registró mediante el uso de un GPS portátil Garmin MAPS 62s la posición del *forwarder* cada 3 segundos, midiéndose también con cronómetro y registrándose en planillas la duración de las actividades y las paradas. El volumen de madera transportado por el *forwarder* fue estimado mediante el análisis fotogramétrico de las trozas transportadas en el momento de iniciarse la descarga. El procesamiento de los *tracks* generados por el GPS se realizó mediante un algoritmo similar al propuesto por Hoop y Dupré (2006) para el seguimiento de *skidders*, obteniéndose las distancias acumuladas en los desplazamientos del equipo y el tiempo insumido en cada actividad realizada por el *forwarder*. Para la actividad de carga se midió la distancia total recorrida durante la carga (Dist.Carga).

La concentración de trozas fue calculada como el volumen acumulado para un cierto producto por metro lineal de vía de saca ( $m^3/m$ ), mediante la relación entre el volumen transportado por el *forwarder* y la distancia recorrida hasta conformar la carga (Nurminen et al. 2006). Para analizar la importancia de este factor sobre el tiempo insumido en la carga se ajustó un modelo de regresión lineal múltiple, incorporando la relación entre el volumen total transportado (VolTot) y la concentración de trozas.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el análisis de la actividad de formación de la carga, se constató que la concentración de trozas, para el producto Triturable fue un 30% superior en el segundo raleo respecto de la tala rasa, debido a la mayor proporción de trozas finas existente en el raleo. Sin embargo, esta diferencia no alcanzó a ser estadísticamente significativa a un valor  $\alpha = 0,05$  para ninguno de los productos evaluados (Gráfico 1).

Por otra parte, la distancia recorrida durante la carga también se vio afectada por la concentración de trozas. En los ciclos que extrajeron productos con una baja concentración de trozas, las distancias recorridas fueron mayores, disminuyendo en la media en que se incrementó la cantidad de madera disponible (Gráfico 2). Además, el impacto de la concentración de trozas resultó superior al efecto de la variación en el volumen transportado, que osciló entre 4 y 16  $m^3$  a lo largo de ambas situaciones.

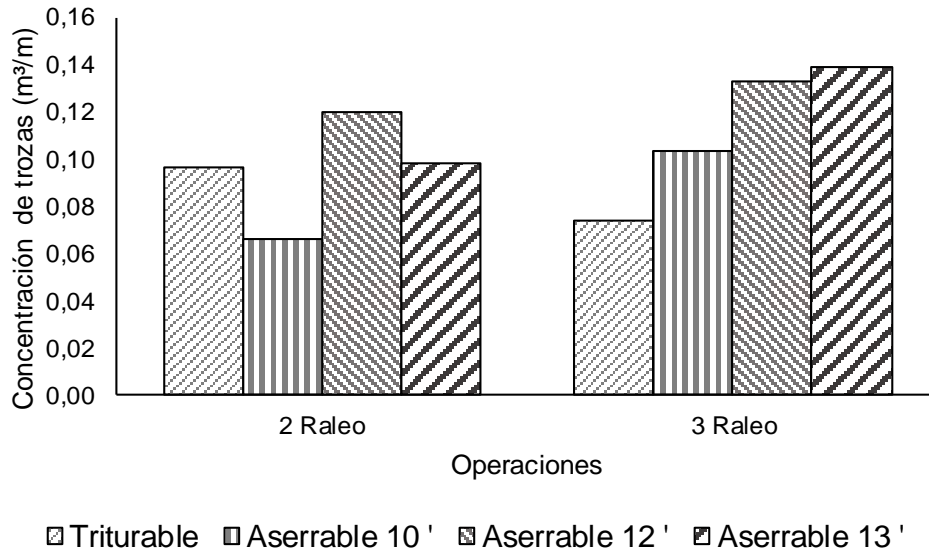


Gráfico 1. Variación de la concentración en trozas en la vía de saca.

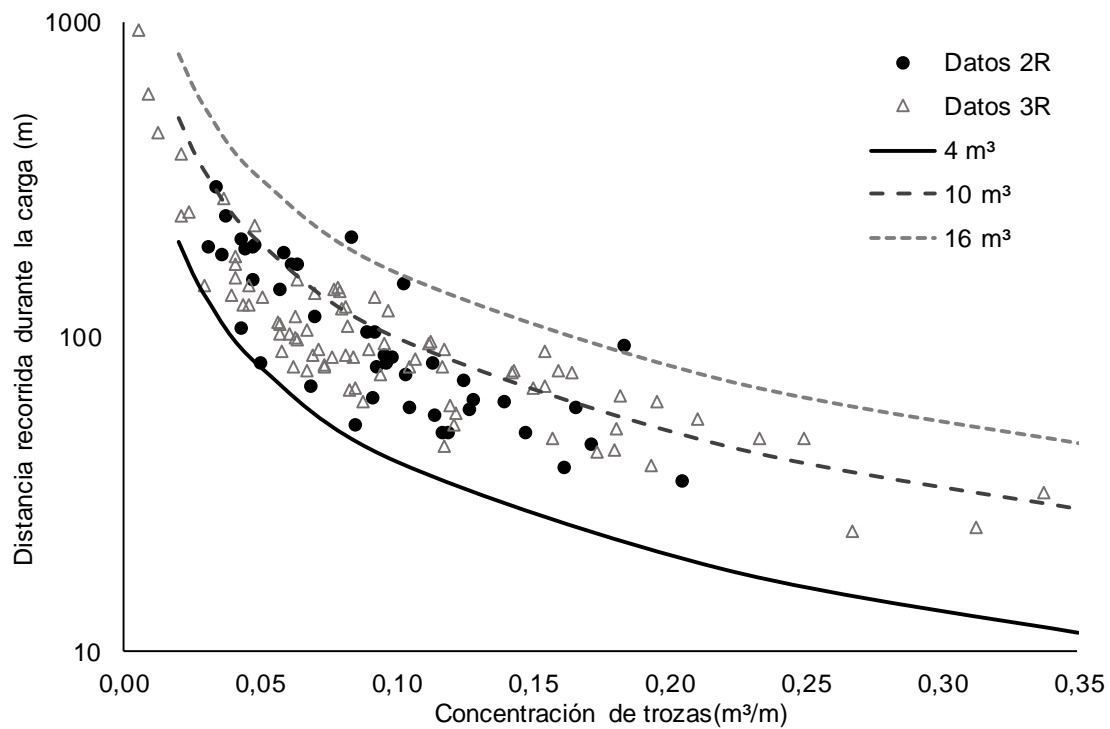
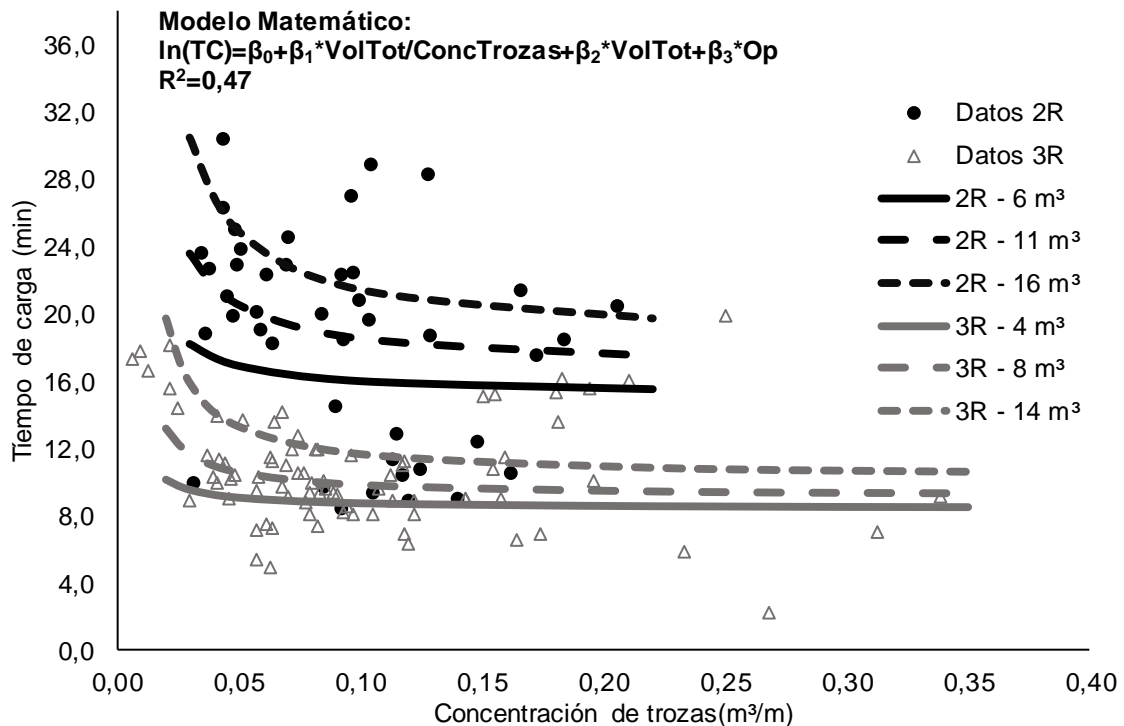


Gráfico 2. Relación entre la concentración en trozas en la vía de saca y la distancia recorrida durante la carga.

El efecto de la concentración de trozas sobre la distancia recorrida durante la carga también se ve reflejado en el tiempo de formación de la carga del *forwarder*. El Gráfico 3 presenta la relación existente entre el tiempo de carga y los cambios en la concentración de las trozas y el volumen transportado por el *forwarder*, consiguiendo explicar el 47,5% de la variabilidad observada. Este modelo incorpora como variables independientes al volumen transportado (VolTot), al cociente entre el volumen transportado y la concentración de trozas (VolTot/ConcTrozas), equivalente a la distancia recorrida durante la carga y al tipo de raleo realizado (Op). Se observó que los segundos raleos requieren un tiempo de formación de la carga significativamente mayor (71%), independientemente



de la concentración de trozas del producto transportado. Esto se debe a la mayor densidad de árboles remanente en los segundos raleos, que obligan al operario a realizar un mayor número de movimientos de la grúa y del *forwarder* durante la carga, para evitar daños en la masa remanente.



**Gráfico 3.** Efecto de la concentración de trozas en la vía de saca al tiempo de carga en función del tipo de raleo y clases de volúmenes.

Las relaciones observadas entre la concentración de trozas y el tiempo insumido en la formación de la carga resultan similares a las presentadas por Nurminen et al. (2006) en operaciones de raleo y tala rasa de Finlandia y por Manner et al. (2013) en experimentos controlados para el análisis de los factores que afectan a la carga del *forwarder*.

#### 4. CONCLUSIONES

Este estudio permite conocer el efecto causado por la concentración de trozas y como ésta incide en el tiempo de carga y la distancia recorrida por el *forwarder*. La estimación del tiempo demandado para completar la carga a partir del modelo matemático propuesto aporta datos de utilidad para la planificación de la actividad de raleo.

En tanto, estos resultados permiten estimar el impacto de la diversidad de productos cosechados sobre la operación de extracción con *forwarder*. En una operación de raleo determinada, el incremento en el número de productos elaborados implicará una disminución en la concentración de trozas para cada producto, incrementándose la distancia recorrida por el *forwarder* y el tiempo insumido durante la formación de la carga.

La metodología utilizada en este estudio, empleando datos de posición provenientes de GPS, permite mejorar la eficiencia, costo y precisión de los estudios de tiempos aplicados a la maquinaria de cosecha forestal. Futuros estudios deberán enfocarse en las relaciones existentes entre la operación de corte y trozado con harvester y la extracción con *forwarder*, por medio del análisis de las características y ubicación de las pilas de trozas distribuidas en las vías de saca.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la empresa SELVA S.R.L. por facilitarnos el acceso a las distintas operaciones de



cosecha y a los equipos estudiados.

## 6. LITERATURA CITADA

ERIKSSON M, LINDROOS O. 2014. Productivity of harvesters and forwarders in CTL operations in northern Sweden based on large follow-up datasets. *International Journal of Forest Engineering* 25(3): 179-200.

MANNER J, NORDFJELL T, LINDROOS O. 2013. Effects of the number of assortments and log concentration on time consumption for forwarding. *Silva Fennica* 47(4): 1-19.

MANNER J, NORDFJELL T, LINDROOS O. 2016. Automatic load level follow-up of forwarders' fuel and time consumption. *International Journal of Forest Engineering* 27(3): 151-160.

MCNEEL JF, RUTHERFORD D. 1994. Modelling Harvester-Forwarder System Performance in a Selection Harvest. *Journal of Forest Engineering* 6(1): 7-14.

HOOP CF, DUPRÉ RH. 2006. Using GPS to Document Skidder Motions – A Comparison with Manual Data Collection. 2006 Council on Forest Engineering (COFE) Conference Proceedings: "Working Globally – Sharing Forest Engineering Challenges and Technologies Around the World" Coeur d'Alene.

NURMINEN T, KORPUNEN H, UUSITALO J. 2006. Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-length Harvesting System. *Silva Fennica* 40(2): 335-363.

OLIVEIRA D, SILVA LOPES E, FIEDLER N. 2009. Avaliação técnica e econômica do Forwarder na extração de toras de pinus. *Scientia Forestalis* 37(84): 525-533.