



## ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE DOS HARVESTERS DE ORUGA OPERANDO EN TALA RASA Y RALEO DE *Pinus* sp. EN EL NE ARGENTINO

Fabrizio RIQUEZA<sup>1</sup>, Eduardo HILDT<sup>2</sup>, Andrés LESZCZUK<sup>2</sup>, Francisco SOMMA<sup>3</sup>, Claudio TORRUBIANO<sup>4</sup>, Patricio MAC DONAGH<sup>3</sup>

### RESUMEN

Se analizó la productividad de dos harvesters de oruga operando en tala rasa y segundo raleo de *Pinus* sp. en el Noreste Argentino. Se desarrollaron modelos de tiempos para cada una de las actividades que componen el ciclo operacional de los harvesters en ambas situaciones de cosecha y se determinó la influencia de la situación, volumen de los árboles, diámetro en punta fina y número de productos sobre el tiempo insumido en cada actividad. En la situación de tala rasa donde opera la John Deere 160 G LC (JDTR) los árboles tenían un volumen medio de 0,36 m<sup>3</sup> y 0,41 m<sup>3</sup> para la Doosan 225 LC (DoTR). Los segundo raleos presentaban un volumen de árbol medio de 0,39 m<sup>3</sup> para la John Deere G LC (JD2R) y 0,56 m<sup>3</sup> para la Doosan 225 LC (Do2R). El modelo resultó significativo para explicar la duración de todas las actividades evaluadas. Los harvesters presentaron productividades de 41,72 m<sup>3</sup>/h.ef. para la situación DoTR y 33,97 m<sup>3</sup>/h.ef. para JDTR, mientras que en segundos raleos las productividades fueron de 39,71 m<sup>3</sup>/h.ef. para Do2R y 31,86 m<sup>3</sup>/h.ef. para JD2R.

**Palabras claves:** *Corrientes, cosecha forestal, segundos raleos*

### 1. INTRODUCCION

La cosecha forestal es un conjunto de operaciones donde la tala rasa representa la corta de todos los ejemplares arbóreos existentes en un bosque, la diferencia con el raleo es que este tiene como objetivo mejorar el bosque para la cosecha final. La incorporación de tecnología a estas operaciones permite aumentar la productividad de los recursos que participan generando una alternativa más eficiente de producción (Sotomayor et al. 2013).

En la eliminación de algunos árboles por medio del raleo es donde la mecanización presenta más interrogantes, al ser un proceso complejo debido a los espacios reducidos en el interior de la plantación el desplazamiento de las máquinas se ve perjudicado. Por lo tanto, debe existir un proceso constante de mejora de los rendimientos de las máquinas y reducción de costos de producción para que los márgenes de ganancia sean mayores (Mac Donagh et al. 2013a).

En el sistema de cosecha con corte a medida ("*cut-to-length*"), el harvester es la máquina base utilizada en el volteo y procesamiento de los árboles. Las variables que mejor expresan su productividad son el volumen medio, el diámetro a la altura del pecho (DAP) medio, y la altura media (Bramucci y Seixas 2002). Según Parra y Carey (2000) el potencial productivo del harvester también está influenciado por las condiciones de trabajo como ser topografía, bosque (especie, densidad, silvicultura) y capacitación entre otras.

Según Ovaskainen et al. (2004) cuando el harvester trabaja en raleos disminuyen los tiempos de procesamiento debido a que hay un menor número de árboles aprovechables. Hildt et al. (2018) observaron incrementos en el tiempo de búsqueda del árbol seleccionado y acomodo del cabezal

<sup>1</sup> Estudiante de Ing. Ftal. Facultad de Ciencias Forestales – UnaM. Bertoni 124, Eldorado, Misiones. [fabrizioriqueza@hotmail.com.ar](mailto:fabrizioriqueza@hotmail.com.ar)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales – UnaM-CONICET

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Forestales – UnaM

<sup>4</sup> FBDD



para el volteo a medida que aumenta la distancia entre los árboles cosechados, el número de líneas cosechadas y el volumen de los árboles generando mermas en la productividad.

El objetivo de este estudio fue analizar la productividad de dos harvesters de oruga realizando tala rasa y segundos raleos de *Pinus sp.* con diferentes manejos silviculturales, y desarrollar modelos de tiempos que describan el comportamiento de los equipos bajo las diferentes situaciones de trabajo.

## 2. MATERIALES Y METODOS

El estudio fue realizado sobre la performance de 2 harvesters con diferentes características realizando operaciones de tala rasa y segundo raleo, bajo el sistema "cut to length" en *Pinus sp.* elaborando principalmente madera para aserrío y trituración. Los suelos eran rojos profundos, muy evolucionados caracterizados como media loma alta provenientes del grupo ultisol y oxisol (Cruzate y Panigatii 2008). En el Cuadro 1 se observan las principales características de los harvesters estudiados.

**Cuadro 1.** Característica de los harvesters.

Máquina Base	John Deere 160 G LC	Doosan 225 LC
Potencia del motor	90,23 KW	110,36 KW
Peso del cabezal	1030 Kg	1970 Kg
Cabezal procesador	Waratah 414 H	Waratah 616 C
Diámetro máximo del árbol	62 cm.	55 cm.
Suministro máximo de aceite	320 l/min.	190 l/min.
Alcance máximo de la grúa	9,16 m	10,23 m
Peso operativo	17.717 kg.	21.500 kg.
Velocidad de avance del cabezal	5,3 m/s	6,3 m/s

### Descripción de la situación de trabajo

1. Doosan 225 LC con cabezal Waratah 616 C en tala rasa: (**DoTR**) en esta situación la forestación tenía poco manejo silvicultural, la densidad de plantación fue 1666 plantas por hectárea con un distanciamiento de 4m x 1,5m por lo que el crecimiento de los árboles estuvo restringido produciendo un volumen de árbol medio de 0,41 m<sup>3</sup>, el DAP medio era de 0,22 cm y la altura media de 21,13 m. Los productos obtenidos en diferentes momentos fueron aserrable de 10 pies con diámetro límite de 18 cm en punta fina, y trozas de largo variable con destino a trituración con un diámetro en punta fina (DPF) de 5 cm.

2. John Deere 160 G LC con cabezal Waratah 414 H en tala rasa: (**JDTR**) en ésta situación la plantación también presentaba poco manejo silvicultural, la densidad de plantación fue de 1.666 plantas por hectárea produciendo un volumen de árbol medio es de 0,36 m<sup>3</sup>, DAP medio de 0,20 cm, y altura media de 19,4 m. Los productos elaborados fueron aserrable de 10 pies y diámetro límite de 18 cm en punta fina y trozas de largo variable con destino triturable de 5 cm de DPF.

3. Doosan 225 LC con cabezal Waratah 616 C en segundo raleo: (**Do2R**) en esta situación la plantación tenía un volumen de árbol medio de 0,56m<sup>3</sup>, el DAP medio es de 0,27 cm y la altura media es 19,08 m. Los productos obtenidos fueron dos, aserrable de 12 pies y diámetro límite de 18 cm en punta fina y triturable de 8 pies de largo con DPF de 5 cm. El índice de ocupación de la forestación se redujo en promedio un 50% pasando de 36,81 m<sup>2</sup>/ha a 20,28 m<sup>2</sup>/ha.

4. John Deere 160 G LC con cabezal Waratah 414 H en segundo raleo: (**JD2R**) para esta situación el volumen de árbol medio es de 0,39 m<sup>3</sup>, DAP medio de 0,23 cm y altura media de 17,7 m. El producto obtenido fue solamente aserrable de 8 pies y DPF límite de 18 cm. El área basal por



hectárea se redujo aproximadamente en un 50% pasando de 31,17 m<sup>2</sup>/ha a 15,75 m<sup>2</sup>/ha.

### Obtención de datos

El ciclo de trabajo fue analizado mediante la instalación de cámaras Genius DVR-FHD590. Los datos son registrados utilizando un reproductor y análisis de videos (Hildt et al. 2016). Para el estudio de tiempos y movimiento se identificó en cada situación los elementos parciales que conforman el ciclo operacional del harvester (Visser y Spinelli 2011).

### Ajuste de modelos

Logrados los resultados del estudio de tiempos y rendimientos se calculó para cada ciclo de trabajo evaluado la productividad y la eficiencia de los equipos. A través del análisis de regresión se ajustaron modelos para estimar la productividad en cada situación en la que operan los harvesters y el tiempo invertido en cada actividad. La incorporación de una transformación logarítmica se realizó para lograr mayor precisión en el ajuste y conseguir el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad requeridos para el análisis de regresión (Di Rienzo et al. 2015).

Los modelos de tiempos parciales generados permiten hacer comparaciones entre las diferentes actividades que conforman el ciclo operacional, y mediante la combinación aditiva de estos se logra obtener un modelo general de tiempo total de ciclo y mostrar el efecto de todas las actividades productivas en conjunto, permitiendo una comparación entre situaciones y harvesters más precisa.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tiempo total de ciclo

Los valores predichos para el tiempo total de ciclo se obtuvieron sumando los modelos individuales para cada actividad, previa aplicación del antilogaritmo a la variable respuesta, esta metodología es similar a la aplicada por Nurminen et al. (2006).

La combinación de los diferentes modelos parciales permite explicar el 43% de la variabilidad observada en el tiempo total de elaboración para todas las situaciones evaluadas ( $R^2$  ajustado para los parámetros que componen el modelo = 0,43) Similar a lo encontrado por Nurminen et al. (2006) en raleo de *Pinus sylvestris* en Finlandia donde obtuvo un  $R^2$  de 0.54.

El comportamiento del modelo puede observarse en la Figura 1, estos presentan el tiempo total predicho para la realización de tala rasa y segundo raleo con árboles de diferentes volúmenes.

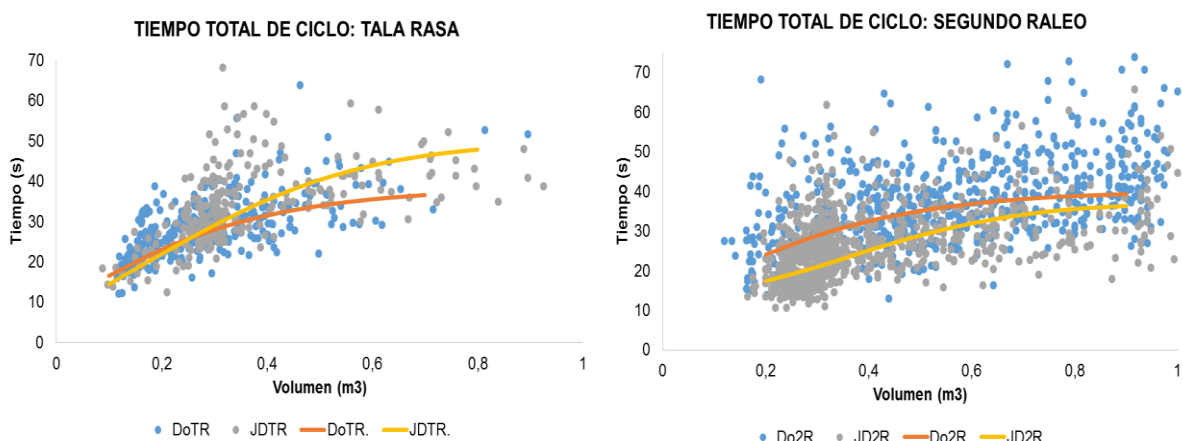


Figura 1. Comportamiento del modelo de tiempo total de ciclo.

### Productividad efectiva y eficiencia

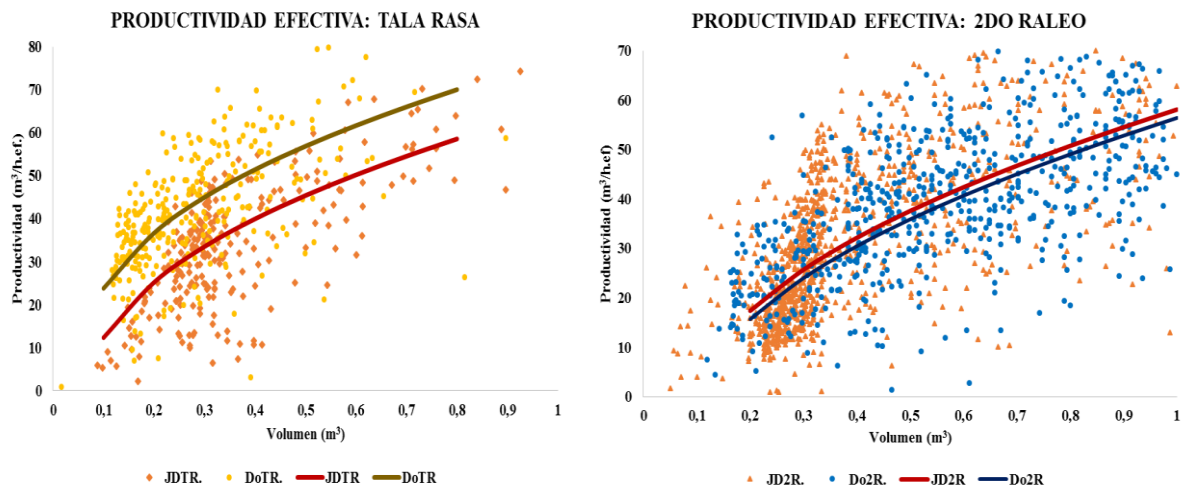
Con los resultados del estudio de tiempos y rendimientos se estimó la productividad por hora de



trabajo efectivo en base al volumen y al tiempo total de ciclo. En la Cuadro 2 se observa que el volumen medio de los árboles no es igual en ninguna de las situaciones, por lo tanto se ajustaron modelos de la productividad (Figura 2) para cada una de las situaciones evaluadas para poder realizar las comparaciones. La mayor productividad observada se alcanzó en tala rasa cuando se trabajó con la Doosan 225 LC con un volumen de  $41,72 \text{ m}^3/\text{hect}^{-1}$  superior a la obtenida por Lopes Da Silva et al. (2017). La situación JD2R presentó una productividad significativamente menor a las demás situaciones, esto se debe principalmente al mayor tiempo insumido por la máquina en la búsqueda y acomodo del cabezal. Además en esta situación, la JD2R pasó el 25% del tiempo estudiado buscando y volteando árboles que no fueron aprovechados, lo cual influyo mucho en la eficiencia de la máquina. Las productividades alcanzadas en segundos raleos son superiores a la observada por Mac Donagh et al. (2013b) en segundo raleo de *Pinus taeda*.

**Cuadro 2.** Productividad efectiva y eficiencia.

	DoTR	JDTR	Do2R	JD2R
PEF	41,72	33,97	39,71	31,86
VOL	0,41 $\text{m}^3$	0,36 $\text{m}^3$	0,56 $\text{m}^3$	0,39 $\text{m}^3$
EF%	88%	82%	92%	66%



**Figura 2.** Comportamiento del modelo de productividad efectiva

#### 4. CONCLUSIONES

El tiempo de búsqueda y acomodo fue superior en segundos raleos debido al mayor distanciamiento entre los arboles a cosechar y a las dificultades en el desplazamiento.

La operación de volteo estuvo influenciada por la situación en la que trabajan los harvester consumiendo un mayor tiempo la JD2R debido a los inconvenientes técnicos que tuvo el operador para realizar esta actividad.

En todas las situaciones evaluadas el elemento que consumió la mayor parte del tiempo del ciclo operacional fue el procesamiento de los árboles

El tiempo de liberación del cabezal disminuyó cuando se trabajó con volúmenes de árboles grandes debido a que hay una mayor proporción de fuste aprovechado y menor cantidad de material remanente para ser liberado por el cabezal.

El harvester John Deere 160 GL C presentó menor productividad y eficiencia para las dos situaciones evaluadas. Se observó que las mayores productividades fueron obtenidas en las condiciones de mayor volumen medio por árbol.



## 5. REFERENCIAS

- BRAMUCCI M, SEIXAS F. 2002. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de "harvesters" na colheita florestal. *Scientia Forestalis* 30(62): 62-74.
- CRUZATE G, PANIGATII J. 2008. Suelos y ambientes de Corrientes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Corrientes, Argentina.
- DI RIENZO J, CASANOVES F, BALZARINI M, GONZALEZ L, TABLADA M, ROBLEDO C. 2015. InfoStat versión. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>. Utilizado en enero de 2016.
- HILDT E, SOMMA F, VALDÉS M, LESZCZUK A, MAC DONAGH P. 2016. Sistema de análisis para filmación y seguimiento GPS en investigación sobre maquinaria forestal. XVII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales.
- HILDT E, LESZCZUK A, SCHLICHTER T, MAC DONAGH P. 2018 Efecto de la densidad de las forestaciones y la intensidad de cosecha en 2 raleos mecanizados con harvester. [Enviado para publicación]
- LOPES DA SILVA E, CRUZINIANI E, DIAS A, FIEDLER C. 2007. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de Pinus com cabeçote harvester em diferentes condições operacionais. *Floresta* 37(3): 305-313.
- MAC DONAGH P, HILDT E, FRIEDL R, ZADERENKO C, ALEGRANZA D. 2013. Influencia de la intensidad de raleos en la performance de un harvester de ruedas en el noreste Argentino. *Floresta* 43(4): 653-662.
- MAC DONAGH P, MULAWKA J, FRIEDL R, ZADERENKO C, ALEGRANZA D. 2013. Productividad y costos de pequeños "harvester" con oruga, operando en plantaciones de Pinus spp. en el noreste argentino. *Scientia Forestalis* 42(99): 425-434.
- NURMINEN T, KORPUNEN H, UUSITALO J. 2006. Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-length Harvesting System. *Silva Fennica* 40(2): 335-363.
- OVASKAINEN H, UUSITALO J, VÄÄTÄINEN K. 2004. Characteristics and Significance of a Harvester Operator's Working Technique in Thinnings. *International Journal of Forest Engineering* 15(2): 67-77.
- PARRA M, CAREY P. 2000. Consideraciones metodológicas para la evaluación de la cortadora - procesadora (harvester) en operaciones forestales. *Bosque* 21(2): 137-146.
- SOTOMAYOR A, ERICK W, GARCÍA E. 2013. Manejo y mantención de plantaciones forestales pp. 22-24
- VISSER R, SPINELLI R. 2011. Determining the shape of the productivity function for mechanized felling and felling-processing. *The Japanede Forest Society and Springer*.