

FACTIBILIDAD DEL ARRASTRE DE TRONCOS ENTEROS CON TRACTORES AGRÍCOLAS EN PLANTACIONES FORESTALES CON DESTINO INDUSTRIAL: REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS Y TRACTIVOS.

Patricio Mac Donagh (1)

Roberto Balbuena (2)

Jorge Claverie (3)

Antonino Terminiello (3)

RESÚMEN

Se realizaron ensayos a campo con el objeto de evaluar la posibilidad de extracción de troncos enteros utilizando tractores agrícolas en plantaciones forestales con destino industrial. Se utilizó un tractor agrícola de diseño convencional en una plantación de *Populus sp.*, de 625 árboles*ha-1 en 5 velocidades de desplazamiento. Se determinó el esfuerzo de tracción, velocidad real de avance y volumen de los troncos. Este trabajo concluye que en las tareas forestales de extracción de troncos enteros la potencia de tractores modales en la Pampa Húmeda no es una limitante de operativa.

Palabras clave: Arrastre de troncos, tracción forestal

SUMMARY

To evaluate heavy logging operations alternatives using agricola tractors plantations. An agricola tractor of conventional designed was used in a *Populus* plantation of 625 tresses/ ha with five forward speed. Traction effort, actual forward speed and trunk volume were measured. This work concluded that for heavy logging operations the power of conventional agricola tractors are not a limiting factor in the humid Pampa of Argentina.

INTRODUCCIÓN

La extracción de madera hasta el patio de cargas o hasta el inicio del transporte mayor se

puede realizar por medio de arrastre de troncos, acoplados, o camiones. La tecnología más frecuentemente utilizada en la Pcia. de Bs. As. es la entrada del camión y el acoplado a la plantación para cargar la madera que ha sido cortada, desarmada y trozada. Esta metodología ofrece dificultades para el tránsito durante la estación húmeda y limitaciones de carácter operativo y económico que compromete la rentabilidad del sistema de aprovechamiento. En este contexto, la extracción con tractores agrícolas de troncos enteros constituye una alternativa viable con la tecnología disponible en las explotaciones forestales.

Hakkila et al., (1992) determinaron los costos y rendimientos de tractores agrícolas para diferentes sistemas de extracción. Moreira ,(1992) evaluó los costos y rendimientos de distintos sistemas de explotación en función del grado de mecanización encontrando que el más económico resultó el de mayor grado de mecanización

Mac Donagh , (1994) comparó el arrastre de troncos con tractores forestales y tractores agrícolas determinando mayores rendimientos para el primero pero menores costos por m³ para el tractor agrícola en terrenos sin pendiente.

Hassan et al., (1983); Mathes et al.,(1984); Hakkila et al., (1992), y Mac Donagh P., (1994) relacionaron el vínculo entre el tractor y la carga con la viabilidad o facilidad del trabajo a campo, los rendimientos y costos de la operación. La eficiencia en la operación depende entre otros factores de la relación entre el esfuerzo de tracción, el peso adherente, y la potencia disponible (Dwyer, 1985). Mac Donagh (1994), trabajando con un tractor agrícola doble tracción asistido (TDA) equipado con garra hidráulica, obtuvo para *Pinus sps.* valores de coeficiente de tracción (t) de 0,3 en terreno llano y 0,22 con pendientes mayores del 6 %. Hassan et al. (1983), y Mathes et al. (1988) determinaron que cuanto mayor es la altura a la cual la carga es levantada disminuye la componente horizontal del esfuerzo traccional y se aumenta la carga vertical, incrementando la capacidad tractiva del vehículo, disminuyendo además el coeficiente de arrastre de los troncos.

Herrick (1955), Bennett (1962) y poste-

(1) Profesor Adjunto, Explotación Forestal, Fac. Cs. Forestales, UNaM. Prof. Adj. Departamento de Silvicultura, Fac. Cs. Agr. y Ftles. UNLP.

(2) Profesor Titular, Departamento de Ing. Rural. Fac. Cs. Agr. y Ftles. UNLP.

(3) Investigadores, Departamento de Ing. Rural. Fac. Cs. Agr. y Ftles. UNLP

riormente Calvert y Garlicki (1968) midieron coeficientes de arrastre de 0,5 en condiciones de carga totalmente apoyada. La altura a la cual puede ser levantada la carga depende del tipo de enganche empleado para formar el vínculo (Hakkila et. al., 1992; Nillsson, 1986; Mac Donagh 1994).

El presente trabajo tiene como objetivo general evaluar la posibilidad de extracción de troncos enteros utilizando tractores agrícolas en plantaciones forestales con destino industrial de la Pcia de Buenos Aires. Como objetivos específicos se plantea determinar los coeficientes de arrastre de *Populus sps* y valorar la capacidad portante del suelo durante el período de mayor humedad estacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en la Estación Central Julio A. Hirschhorn de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, de la UNLP, situada en Los Hornos, Provincia de Buenos Aires a los 34 55' LS y 57 57' LO.

Este sitio responde al ambiente fisiográfico del sector sur oriental de la Pampa Ondulada y al borde norte de la Pampa Deprimida. El suelo fue descripto como Argiudol típico con las siguientes características sobresalientes:

El dosel arboreo estaba compuesto por una plantación de *Populus x deltoides* cv Harvard I 63/51 de 8 años de edad, con una densidad de 625 árb* ha⁻¹ y un crecimiento medio anual de 11,78 m³* año⁻¹.

El volumen de los árboles empleados para el arrastre (tabla 2) fue determinado de acuerdo a la metodología propuesta por Smallian (FAO, 1979):

Tabla 1: Datos texturales del perfil:

Horizonte	Ap	A12	A3	B1	B21t	B22t	B31	B32
Profundidad (cm)	0-14	14-30	30-47	47-64	64-88	88-108	108-136	136-158
Arcilla 2 u	18	25	31	33	31	31	19	13
Limo 2-50 u	61	59	58	52	52	56	62	66
Arena 50- 2000 u	21	16	11	15	17	13	19	21
Textura	FL	FL	FAL	FAL	FAL	FAL	FL	FAL

Donde: FL= Franco Limoso; FAL= Franco-arcillo-limoso

Tabla 2: Volúmenes de los árboles arrastrados, cubicados cada dos metros.

ARBOL	HT (m)	vol/arb (m ³)
1	10	0.119
2	14	0.254
3	14.4	0.155
4	14.77	0.224
TOTAL		0.754

Se utilizó un tractor de diseño convencional, de 73,5 kW de potencia en el motor a velocidades de desplazamiento de 0,73; 0,86; 0,96; 1,74 y

1,88 m/s, cuyas características principales se detallan a continuación:

Masa total	40670 N
Peso eje trasero	26842 N
Rodado trasero	18.4*34
Area rueda / suelo	0.18 m ²
Presión específica	74 kPa.

Se realizaron 1, 5 y 10 pasajes sobre el terreno arrastrando los troncos para cada velocidad, determinándose en cada una de ellas el esfuerzo de tracción por medio de un dinamógrafo Amsler hidráulico-mecánico de 2551 N de capacidad.

Después de cada pasada fueron medidos los siguientes parámetros: humedad gravimétrica, y resistencia a la penetración en los primeros 300 mm del perfil.

El enganche de los árboles apeados se realizó con un cable de acero 3/8 de pulgada que ejercía de eje y cables de 1/4 de pulgada hasta los troncos. El enganche a los troncos fue realizado en forma manual y con prensa cables.

Los datos de campo fueron analizados en planilla de cálculo, y estadísticamente como multifactorial, siendo las diferencias valoradas a través del test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se presentan los resultados del análisis estadístico realizado con los datos del dinamógrafo.

De la Tabla 3 se desprende que a mayor velocidad el esfuerzo de tracción es mayor, con el mismo volumen de carga por viaje, (0,75 m³). Estas diferencias, si bien significativas estadis-

ticamente, no implican un crecimiento del esfuerzo traccional que limite la capacidad de arrastre del tractor. Si se relaciona la densidad en verde determinada para los troncos arrastrados (11,27 N/m³), con el volumen calculado por la metodología de Smallian se obtiene que la carga transportada tenía 8457 N de peso total. A partir de los esfuerzos correspondientes a las marchas más rápida (5305 N) y más lenta (4910 N) fueron calculados los coeficientes de arrastre de la carga los cuales alcanzaron magnitudes de 0,63, y 0,58, respectivamente. Estos valores de resistencia al arrastre son coincidentes con los señalados para

cargas totalmente arrastradas por Herrick (1955), Bennet (1962) y Calvert y Garlicki (1968).

Con respecto a la factibilidad del trabajo con tractores agrícolas, los esfuerzos listados en la tabla 2 se sitúan muy por debajo de la capacidad tractiva señalada por Dwyer (1985) para alcanzar el mayor rendimiento de tracción global. La cantidad de madera necesaria por viaje para alcanzar el mismo, (utilizando los coeficientes de arrastre anteriormente calculados), sería de 31111,1 N o 2,76 m³. Relacionando un árbol promedio de 0,2 m³, habría que arrastrar 13,8 árboles por ciclo. Técnicamente la extracción de este número de árboles es inviable debido a que con los cables de acero aquí empleados se generarían serias dificultades operativas, puesto que la linga debería poseer más de 20 metros, y permitir enganchar por lo menos 14 árboles en los distanciamientos de plantaciones comerciales. Otra observación

Tabla 3: Requerimientos del arrastre de troncos enteros

Velocidad real (m/s)	Esfuerzo de tracción (N)	Potencia (kW)
0,727	4910 b	3,58 a
0,857	4422 a	3,79 a
0,957	4743 b	4,55 b
1,741	5005 b	8,73 c
1,875	5305 c	9,96 d

Letras diferentes denotan significancia al 5 %

cabría desde el punto de vista del manejo forestal, donde para obtener un rendimiento de tracción global aceptable, los raleos selectivos ofrecerían serias limitaciones técnicas, siendo las situaciones de corte raso las más favorables. Esto demuestra claramente que las limitaciones para el arrastre de madera en condiciones de forestaciones industriales, con tractores de características semejantes, estarían determinadas por el tipo de enganche y no por la capacidad tractiva del conjunto, en concordancia con lo determinado por Hakkila et al. (1992) y Nilsson (1986).

CONCLUSIONES

En las tareas forestales de extracción de troncos enteros la potencia de los tractores modales en la Pampa Húmeda no constituye una limitante operativa.

Las restricciones de velocidad real de avance están dadas por las condiciones de manejo inherentes a la distancia de plantación y a la habilidad del operador.

El enganche del número de árboles necesarios para maximizar la eficiencia tractiva está determinado por el tipo de vínculo que se pueda formar y por el tratamiento silvicultural adoptado.

AGRADECIMIENTOS: A la colaboración del Señor Ricardo Bartosyk, pasante del Departamento de Ingeniería Rural de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP.

BIBLIOGRAFÍA

- * Bennett W. D. 1962. Forces involved in skidding full trees and tree-length loads of pulpwood. Pulp and Paper Magazine of Canada, Woodland Section Index, No. 2192, pp.WR 322-327.
- * Calvert W. y Garlicki M. 1968. Tree length orientation and skidding forces. Pulp and Paper Mag. of Canada 21:62-64
- * Dwyer M. 1985. Predicting tractive performance. International Conference on Soil Dynamics. Auburn USA.
- * FAO MONTES No10.1979. Evaluación de los costos de extracción a partir de inventarios forestales en los trópicos. Vol. 1 y 2. Roma 150 pp.
- * Hakkila, P.; Malinovski, J.; Sirén, M. 1992. Feasibility of logging mechanization in Brazilian forest plantations. Finnish Forest Research Institute. Research paper 404. Helsinki. 66 pp.
- * Hassan, A. y Gustafson, M.1983. Factors affecting tree skidding forces. Transactions of ASAE 26(1):47-53.
- * Herrick D. E. 1955. Tractive effort required to skid hardwood logs. Forest Product Journal, August. pp 250-255
- * Mac Donagh P. 1994. Análise tecnico-económica da extração de pinus spp no sul do do Brasil com tratores com garra. Tesis de Maestría U.F.Pr. 186 pp.
- * Mathes ,R; Watson, W.; Sirois, D. 1983. Consideration of forces involved during skidding operations. ASAE paper 83-1624. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers. 9 pp.
- * Mathes, R.; Watson, W.; Savelle, I.; Sirois, D.1988. Effect of load and speed on fuel consumption of a rubber-tired skidder. Transaction of ASAE 31(1):37-39.
- * Moreira, M. 1992. O desenvolvimento da mecanização na exploração florestal sob a ótica dos custos. VII Seminário de Atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal. Curitiba, pp 161-171.
- * Nilsson M. 1986. Transporte de madera con tractor agrícola. Dirección Nacional de Bosques. Suecia. 100 pp.